



Universidad de Cuenca
Educamos para el desarrollo desde 1988

TESIS

“INCIDENCIA DE LOS ASPECTOS FORMALES DE DISEÑO EN EL DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN EL ÁREA URBANA DEL CANTÓN CUENCA”.

Autores

Fausto Oswaldo Arévalo Sánchez
Wilmer Genaro Novillo Pesantez

Director

Arq. Juan Felipe Quezada M. PHD



Facultad de **Arquitectura y Urbanismo**
Construcción Arquitectónica y Eficiencia Energética
Cuenca, Azuay, Ecuador

ENERGÉTICA-VIVIENDA UNIFAMILIAR-CONFORT AMBIENTAL-SIMULACIÓN ENERGÉTICA-EFICIENCIA ENERGÉTICA-VIVIENDA UNIFAMILIAR-CONFORT AMBIENTAL-SIMULACIÓN ENERGÉTICA



Universidad de Cuenca
Facultad de Arquitectura y Urbanismo

"INCIDENCIA DE LOS ASPECTOS FORMALES DE DISEÑO EN EL DESEMPEÑO
ENERGÉTICO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN EL ÁREA URBANA DEL CANTÓN
CUENCA."

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
Arquitecto

Autores:

Arévalo Sánchez Fausto Oswaldo
C.I. 0302761945
Novillo Pesantez Wilmer Genaro
C.I. 0103782330

Director:

Arq. Juan Felipe Quesada Molina PhD
C.I. 0102260148

Asesores:

Arq. Vanesa Guillen Mena
Arq. Esteban Zalamea.

Cuenca, Azuay, Ecuador
Mayo 2018



R E S U M E N

El desarrollo urbano ha fomentado el incremento del sector residencial, lo que ha significado un aumento progresivo del consumo energético. Concretamente en Cuenca, en los últimos años se ha extendido considerablemente el área urbana y por consecuencia elevado el consumo energético. Además se refleja una demanda de energía para alcanzar espacios confortables dentro de las viviendas, pues existe un porcentaje de ocupantes que catalogan a sus viviendas como frías u oscuras.

Para contrarrestar esta problemática, a nivel internacional se han buscado soluciones a través de prácticas de eficiencia energética. Por ello, el presente estudio tiene por finalidad reducir la demanda y consumo de energía en viviendas unifamiliares mediante la aplicación de estrategias enfocadas en la forma. Con el supuesto de evidenciar la influencia que las características formales tienen sobre el desempeño energético. Para ello, se analizan 6 casos de estudio, con diversas configuraciones formales pero manteniendo una misma superficie y características constructivas; para identificar la incidencia de estas sobre el consumo energético y el confort térmico y lumínico. Finalmente la configuración formal determinada, se valida mediante su aplicación sobre los casos de estudio y se comprueba la reducción del gasto energético que refleja sin comprometer las condiciones de habitabilidad y confort de las viviendas.

PALABRAS CLAVE: EFICIENCIA ENERGÉTICA, VIVIENDA UNIFAMILIAR, CONFORT AMBIENTAL, SIMULACIÓN ENERGÉTICA, FACTOR FORMA.



ABSTRACT

Urban development has encouraged the increase of the residential sector, which has meant a progressive increase in energy consumption. Specifically in Cuenca, in recent years the urban area has expanded considerably and consequently high energy consumption. It also reflects a demand for energy to achieve comfortable spaces inside the houses, as there is a percentage of occupants who classify their housing as cold or dark.

To counteract this problem, solutions have been sought at an international level through energy efficiency practices. Therefore, this study aims to reduce the demand and energy consumption in single-family housing through the application of strategies focused on the form. With the assumption of evidencing the influence that formal characteristics have on energy performance. To do this, 6 case studies are analyzed, with various formal configurations but maintaining the same surface and constructive characteristics; to identify the incidence of these on energy consumption and thermal and light comfort. Finally, the formal configuration determined, is validated by its application on the cases of study and the reduction of the energy expenditure it reflects is verified without compromising the habitability and comfort conditions of the housing.

KEYWORDS: ENERGY EFFICIENCY, SINGLE FAMILY HOME, ENVIRONMENTAL COMFORT, ENERGY SIMULATION, FORM FACTOR.

TABLA DE CONTENIDOS



Resumen	II
Índice de Contenidos	IV
Índice de Figuras	VII
Índice de Tablas	IX
Autoría de responsabilidad	X
Autorización	XII
Dedicatoria	XIV
Agradecimiento	XVI
Simbología, abreviatura y defniciones	XVII
Introducción	XVIII



CAP1. BASES DE ESTUDIO	1
1.1 El problema	2
1.2 Hipótesis	6
1.3 Objetivos	6
1.4 Justificación	7
1.5 Metodología	9



CAP2. MARCO TEORICO	17
2.1 Eficiencia energética	18
2.1.1 Antecedentes	18
2.1.2 Definición	20
2.2 Confort ambiental	21
2.2.1 Confort Higrotérmico	22



2.2.2 Confort lumínico	23
2.3 Forma del edificio	24
2.3.1 Tipos de forma	24
2.3.2 Factor forma	26
2.3.3 Influencia de la forma para el confort	27
2.3.4 Influencia de la forma para el desempeño energético	29
2.3.5 Características de forma	33
2.3.6 Parámetros de variaciones formales	34
2.4 Normativa nacional	36
2.4.1 INEN 2-506:2009	36
2.4.2 INEN 1-152	36
2.4.3 NEC-11	37
2.5 Estrategias para la eficiencia energética y el confort	39
2.5.1 Estrategias de diseño arquitectónico	39
2.5.2 Estrategias de forma	42
2.6 Eficiencia energética y confort ambiental en Cuenca	43
2.6.1 Demanda y consumo de energía eléctrica	43
2.6.2 Confort ambiental	45
2.7 Análisis de las condiciones climáticas de Cuenca	47
2.7.1 Clima	47
2.7.2 Temperatura	48
2.7.3 Precipitaciones	50
2.7.4 Radiación solar	51
2.7.5 Viento	52
2.7.6 Humedad relativa	53
2.8 Conclusiones	54



CAP3. SIMULACIONES Y RESULTADOS 57

3.1 Área de estudio	58
3.1.1 Ubicación de la muestra	58
3.2 Determinación de la vivienda unifamiliar representativa del área urbana de Cuenca	60
3.2.1 Casos de Estudio	60
3.2.2 Estandarización de parámetros	76
3.3 Estudio de variaciones formales sobre la vivienda representativa de la zona urbana de Cuenca	79
3.3.1 Determinación de variables formales	79
3.4 Análisis del desempeño energético, de confort y factor de variación	84
3.4.1 Análisis del desempeño energético	84
3.4.2 Análisis de confort	88
3.4.3 Análisis del factor forma	91
3.4.4 Discusión de resultados	96
3.5 Validación: Aplicación de la forma óptima a los casos de estudio	98
3.5.1 Esquema de configuración formal	98
3.5.2 Validación de las propuestas	100



CAP4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 105

4.1 Conclusiones	106
4.2 Recomendaciones	111

BIBLIOGRAFÍA 114

ANEXOS 221



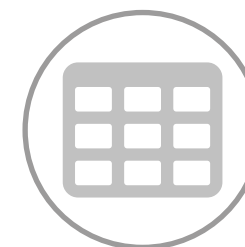
ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Generación modelos de estudio	12	Figura 21. Orientación-normativa-	38
Figura 2. Diagrama de la metodología de estudio	14	Figura 22. Diagrama de recomendación de orientación	40
Figura 3. Consumo total final por sector a nivel mundial, 2010	18	Figura 23. Protección solar vertical para orientación oriente y poniente de ventanas	40
Figura 4. Consumo Sectorial de América Latina y el Caribe (ALC)	18	Figura 24. Transmitancia térmica	40
Figura 5. Emisiones de CO ₂	19	Figura 25. Infiltración de aire	41
Figura 6. Eficiencia energética	20	Figura 26. Operaciones a considerar para el diseño de una estrategia de iluminación natural	41
Figura 7. Parámetros que determinan el confort térmico	21	Figura 27. Estrategias de iluminación artificial, directa o indirecta	41
Figura 8. Intercambio de calor entre en ser humano y su entorno natural	22	Figura 28. Esquema de compacidad	42
Figura 9. Confort lumínico de acuerdo a la actividad	23	Figura 29. Esquema de porosidad	42
Figura 10. Forma térmica	24	Figura 30. Esquema de esbeltez	42
Figura 11. Forma solar	25	Figura 31. Demanda diaria de energía eléctrica	44
Figura 12. Forma aerodinámica	26	Figura 32. Percepción de temperatura (a) y de iluminación (b)	46
Figura 13. Compacidad	33	Figura 33. Clima en Cuenca	47
Figura 14. Porosidad	33	Figura 34. Mapa cantonal de pisos climáticos, rangos de temperatura y altitud	48
Figura 15. Esbeltez	33	Figura 35. Mapa cantonal de temperatura mínima	48
Figura 16. Altura esquema	34	Figura 36. Mapa cantonal de temperatura promedio	49
Figura 17. Contigüidad esquema	34	Figura 37. Mapa precipitaciones	50
Figura 18. Proporción esquema	35		
Figura 19. Extensión esquema	35		
Figura 20. Orientación esquema	35		





Tabla 3. Influencia de la forma para el desempeño energético	31	parámetro orientación	
Tabla 4. Rango permisible del Factor de Forma	36	Tabla 18. Comportamiento del Factor Luz Día de la Tipología continua y Orientaciones	89
Tabla 5. Propiedades térmicas de los materiales especificados en la INEN	37	Tabla 19. Comportamiento Térmico de las variaciones formales	90
Tabla 6. Rango de orientación	38	Tabla 20. Demanda energética en (kWh/m ² -año) de modelos de un piso en según valores geométricos (mediciones y relaciones)	92
Tabla 7. Rangos de temperatura de acuerdo a las zonas climáticas	49	Tabla 21. Demanda energética en (kWh/m ² -año) de modelos de dos pisos en según valores geométricos (mediciones y relaciones)	93
Tabla 8. Estadísticas del viento, de las olas y del tiempo de Cuenca	52	Tabla 22. Esquema de la forma óptima y caraterísticas	97
Tabla 9. Humedad relativa Cuenca	53	Tabla 23. Demanda energética en (kWh/m ² -año) de los casos de estudio y porcentajes de reducción tanto de la propuesta formal como del estado actual	101
Tabla 10. Vivienda representativa en Cuenca	75	Tabla 24. Comportamiento Térmico en (°C) de los casos de estudio tanto de la propuesta formal como del estado actual	101
Tabla 11. Especificación de elementos arquitectónicos, materiales y valores de transmitancia para las simulaciones	77	Tabla 25. Comportamiento del Factor Forma (f.) de los casos de estudio, tanto de la propuesta formal como del estado actual	102
Tabla 12. Demanda energética media anual por superficie en cada variación, de acuerdo a Figura 49	84		
Tabla 13. Relación de resultados del parámetro contigüidad	85		
Tabla 14. Relación de resultados del parámetro altura	85		
Tabla 15. Relación de resultados del parámetro Proporción	86		
Tabla 16. Relación de resultados del parámetro extensión	86		
Tabla 17. Relación de resultados del	87		

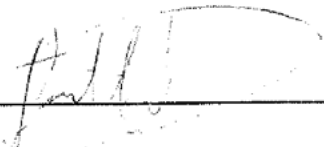


.....

Cláusula de propiedad intelectual

Fausto Oswaldo Arévalo Sánchez, autor del trabajo de titulación "Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana del Cantón Cuenca", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 20 de mayo de 2018



Arévalo Sánchez Fausto Oswaldo
C.I. 0302761945



Cláusula de propiedad intelectual

Wilmer Genaro Novillo Pesantez, autor del trabajo de titulación "Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana del Cantón Cuenca", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 20 de mayo de 2018

Wilmer Genaro Novillo Pesantez
C.I. 0103782330

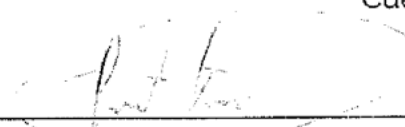
.....

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el repositorio institucional

Fausto Oswaldo Arévalo Sánchez en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana del Cantón Cuenca", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 114 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 20 de mayo de 2018



Arévalo Sánchez-Fausto Oswaldo
C.I. 0302761945

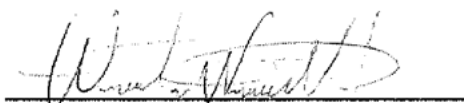


Cláusula de licencia y autorización para publicación en el repositorio institucional

Wilmer Genaro Novillo Pesantez en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana del Cantón Cuenca", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 114 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 20 de mayo de 2018



Wilmer Genaro Novillo Pesantez
C.I. 0103782330

.....

DEDICATORIA:

A mi familia por estar presentes en cada paso del sendero. A mis padres Margarita y Fausto por ser un ejemplo en mi vida, a mis hermanos Blanca, Guadalupe, Luis, Gabriel y Jorge, quienes siempre me brindaron su apoyo para alcanzar mis metas.

Oswaldo Arévalo S.



Dedicado a todas las personas que estuvieron a mi lado en este camino largo y arduo, en especial a mis padres Julio y Regina, por su apeo incondicional, a mis hermanos Karina y Christian, y mis cuñados Marcos y Johanna, por su garra emocional, finalmente a mis seres más amados, mi compañera de vida Katherine y a nuestro bello fruto, por brindarme todo su apoyo y soporte constante para lograr esta nueva meta.

Wilmer Novillo

AGRADECIMIENTO:

A la Universidad de Cuenca y en especial la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, por el aprendizaje recibido tanto académico como humano, a su personal docente y administrativo que fueron partícipes de este proceso; gracias a todos ustedes por sus valiosos aportes, que hoy se ven reflejados en la culminación este periodo académico.

A nuestro director de trabajo de titulación, Arq. Felipe Quezada, por su generosidad al brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia, por su tiempo, y por permitirnos trabajar en un ambiente de confianza y libertad esenciales para la culminación de este trabajo y nuestra formación académica.

A nuestra colaboradora, Arq. Jessica Ortiz, gracias por sus valiosas críticas al discutir los resultados y la redacción de este trabajo de titulación.

Muchas gracias al grupo de investigación "Método de Certificación de la Construcción Sustentable de la Vivienda", por abrir sus puertas y permitirnos trabajar con ustedes en este proyecto, por la disposición de recursos técnicos, estadísticos y bibliográficos, y por colaborar en la concreción de esta tesis.

"No sólo no hubieramos logrado nada sin ustedes, sino con toda la gente que estuvo a nuestro alrededor desde el comienzo, algunos siguen hasta hoy. Gracias totales". GC



Simbología

aL = altura local
ae = altura de un edificio
au = altura útil
p= proporción
f = factor forma
Lux= lumen por metro cuadrado
FLD =factor luz día
ZT =Zona térmica
= ángulo de orientación
U = transmitancia térmica

Abreviaturas y definiciones

IWEC = International Weather for Energy Calculation.

MCCSV = Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas.

Factor forma_ representa la relación entre la superficie total expuesta de un edificio y el volumen que esta encierra (INEN 2506, 2009).

Factor luz día_ representa la relación entre el nivel de iluminación en el interior de un edificio y el nivel de iluminación

en el exterior, simultáneamente, bajo condiciones de cielo nublado (Manual de ayuda del Desing Builder Ltda., 2017).

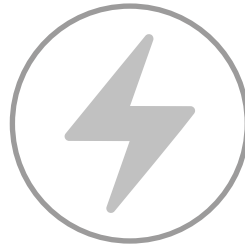
Iluminancia_ la cantidad de luz, o flujo luminoso, que recibe una superficie. Su unidad básica es el lux (Manual de ayuda del Desing Builder Ltda., 2017).

Lux_ 1 lumen por metro cuadrado (Manual de ayuda del Desing Builder Ltda., 2017).

CIE = La Comisión Internacional de l'Eclairage.- define las características de los tipos de cielos usados en simulaciones.

SIMBOLOGÍA, ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

INTRODUCCIÓN



Esta investigación indaga en la evaluación del consumo energético de las principales tipologías de vivienda de la ciudad de Cuenca, mediante los criterios de forma como estrategia de diseño para el acondicionamiento de viviendas. El estudio comprende cuatro etapas. La primera abarca todo el compendio del estado de arte relacionado a la identificación del problema sobre el consumo de energía en la construcción especialmente en el sector residencial tanto regional como local, además se exponen varias investigaciones desarrolladas a mejorar la eficiencia energética en las edificaciones, incluidos normas y estrategias de diseño, cómo también las principales condiciones climáticas de la ciudad.

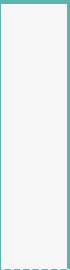
En una segunda etapa se establece el método a seguir, recopilando la información necesaria de una muestra de estudio que nos permita identificar las principales características de las viviendas del área urbana. Luego con los datos procesados prosigue el análisis de las diferentes variaciones planteadas en las tipologías seleccionadas mediante simulaciones, tomando los parámetros establecidos por los fundamentos internacionales y normativa nacional, cuyos resultados se encuentran en los anexos de la investigación.



La discusión de los resultados conforma la tercera etapa, en ella se desglosa la conducta de cada caso y se deducen los criterios de mayor relevancia en base a cinco condiciones formales, con la idea de señalar el modelo de mejor comportamiento en demanda energética. Para finalmente en la última etapa validar las estrategias de forma, aplicadas en los casos de estudio seleccionados con el fin de mejorar las condiciones de confort térmico y al mismo tiempo reducir la demanda energética.

"El desarrollo sostenible se define como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para solventar sus propias necesidades."

Informe Brundtland



CAPÍTULO 1

B A S E S D E E S T U D I O

C O N T E N I D O S



- 1.1 EL PROBLEMA.
- 1.2 HIPÓTESIS.
- 1.3 OBJETIVOS.
- 1.4 JUSTIFICACIÓN.
- 1.5 METODOLOGÍA.

1.1 EL PROBLEMA



La eficiencia energética es un tema relevante en el ámbito mundial, debido a la creciente dificultad para acceder a fuentes de energía disponibles inmediatamente, con mínimos impactos ambientales, y a un bajo costo. Sin embargo miles, de proyectos de eficiencia energética no pueden ser implementados por varias barreras, entre ellas, el financiamiento y el escaso desarrollo de mecanismos de inversión en las economías locales (BID, 2012).

Hasta finales del 2011 a nivel mundial, el consumo final sectorial colocaba al sector residencial en tercer lugar en consumo de energía con un 23% después del sector industrial y transporte, representando una cuarta parte del gasto total final. Esta proporción se ha mantenido a lo largo de los últimos 35 años y es probable que se conserve así. Sin embargo, esto puede variar entre países debido a condiciones climáticas, disponibilidad de recursos energéticos, infraestructura etc. De igual manera sucede con la participación de los recursos energéticos de consumo en el sector residencial, donde para el mismo año 2011, situaba en orden

porcentual primero a los biocombustibles y residuos (40%), seguido el gas natural (20%), luego la electricidad y calor (26%), y por último el petróleo (10%) y carbón mineral (4%), observándose que, entre la electricidad y el gas natural ocupan casi la mitad del consumo total residencial (OCDE/AIE, 2015). Los usos finales de estas energía, son para: la calefacción en un (55%), el calentamiento del agua (17%), electrodomésticos (15%), Iluminación (4%), cocción (4%) y enfriamiento (4%), (desglosado para países miembros del OCDE). Si bien estas estadísticas distan del contexto local, permiten determinar dónde está el mayor potencial de reducción de consumo energético y que área deben priorizarse en el desarrollo de políticas de eficiencia energética (OCDE/AIE, 2015).

El desempeño energético en espacios habitables y en especial de viviendas, es una constante preocupación para la población, tanto por el alto grado de consumo de energías provenientes de fuentes no renovables, que aceleran el impacto ambiental, como por su influencia en el confort interior y calidad ambiental de las edificaciones. (INER, 2010)



En Ecuador, el tercer sector de mayor consumo de energía es el residencial con el 12% del total del consumo energético nacional, después del transporte (42%) y el sector industrial (18%). La tendencia histórica indica que para el 2020 esto no va a variar significativamente (BEN, 2015). Mientras que por consumo eléctrico el sector residencial se ubica en primer lugar con el 32,02% con un promedio por hogar de 198,7 kWh (INEC, 2014b) valor ligeramente alto en comparación al promedio de la región (Banco, 2015). En Cuenca el consumo promedio por hogar de energía eléctrica en el área urbana fue de 243,7 kWh/viv (INEC, 2014b), siendo el sector residencial el de más gasto eléctrico con el 37,76% (Centrosur, 2016). Con la cuota de gasto mensual más alta del país \$22,42 (ENEMDU "Encuesta Nacional de Empleo, 2012)

Entre las causas del consumo ineficiente de energía, se identifican: Los subsidios a la electricidad y GLP, el déficit en las viviendas en especial los sectores pobres, y la falta de un marco legal que regule la eficiencia energética durante la vida útil de las edificaciones

(NEC, 2011). En cambio la principal causa de la evolución del consumo energético es el aumento de la población, lo que provoca a su vez una demanda creciente de viviendas. Por ejemplo del total de permisos de construcción para el 2014, el 87,90% le corresponde a las edificaciones residenciales, del cual se registra el 8,27% en Cuenca (INEC, 2014a), siendo la ciudad con más número de permisos de construcción, en su mayoría concentrada en las zonas urbanas, donde las principales fuentes energéticas son la electricidad y el gas licuado de petróleo usados generalmente en luminarias, electrodomésticos y preparación de agua caliente sanitaria. Y las medidas o planes de eficiencia y buen uso de la energía han sido orientados básicamente a los usos finales de mayor demanda: iluminación, cocción y refrigeración de alimentos y acondicionamientos de ambientes con el empleo general de estrategias activas (INER, 2016).

Esta situación requiere una pronta actuación por parte de las instancias públicas y privadas, para concientizar y mejorar el uso de los recursos

energéticos, desde la planificación hasta la posterior construcción de los espacios habitables y en todas las etapas del ciclo de vida de la edificación, contribuyendo en la reducción de gases de efecto invernadero y por ende en el bienestar y confort de las sociedades.

Es importante entender que si los procesos dentro del ciclo de vida de una edificación, presentan deficiencias, y a esto se suma la falta de regulaciones por parte de las entidades pertinentes, se impide asegurar la calidad ambiental y el confort al interior de la vivienda. Esto ha motivado numerosos estudios, la mayoría vinculados al desempeño energético de la edificación sugiriendo que la forma de las edificaciones, dispone un alto grado de relevancia, en cuanto a su comportamiento ambiental; pues la influencia del volumen en las tipologías y materiales en las edificaciones están directamente relacionadas, con la absorción de calor, pérdidas térmicas y ventilación (Alvarado & González, 2014). Por ejemplo Raji, Tenpierik, & Van Den Dobbelsteen (2017) investigaron el efecto de los aspectos de geometrías

básicas en edificios de altura en climas templados, tropicales y subtropicales, en relación a factores como la forma, proporción, orientación y porcentaje de ventanas, detectando que el factor forma tiene consumos energéticos más altos en climas subtropicales y más bajos en climas templados, descubriendo que la forma elíptica es la ideal en todos los climas; además observó que el rango óptimo de proporción es de 1:1 a 1:2, y también destaca que las orientaciones más sensibles aumentan el uso total de energía.

En el análisis de AlAnzi, Seo, & Krarti (2009), se tomaron en cuenta varias formas como la L, U y H incluidas las rectangulares, así como las proporciones, las relaciones ventana-pared y los tipos de acristalamientos, determinando que la demanda energética disminuye a medida que aumenta la compacidad relativa. Depecker, Menezo, Virgone, & Lepers (2001), estudiaron la relación entre la forma y el consumo energético para acondicionar edificios a climas fríos y templados, en 14 morfologías de construcción, y encontró una buena



correlación entre la compacidad y los climas fríos, resultando un buen indicador en el uso de energía por calefacción. Y por el contrario una débil correlación en climas templados debido a las pérdidas de calor en la piel del edificio, por lo que no recomienda consideraciones generales.

Estos estudios han demostrado como los aspectos formales influyen en el desarrollo energético, en peculiar la relación de superficie/volumen, de las distintas variaciones geométricas, así como por compacidad, porcentaje de ventanas, proporción, orientación, acristalamiento y calefacción, en múltiples situaciones climáticas. Con el fin de potenciar la importancia del mejoramiento energético. Es preciso que las investigaciones estén amparadas en normas constructivas que fomenten el uso eficiente de energía, así como en sistemas de evaluación y desempeño de los edificios con el uso de metodologías e indicadores con valores estandarizados que nos permiten medir y evaluar el rendimiento y sostenibilidad de la edificación (VERDE_NE, 2012)

Ecuador pese a tener una normativa sobre eficiencia energética NEC (2011), aún no logra calar en el imaginario del planificador y de lejos del público general, por inconvenientes como la falta de datos climáticos, la poca disposición de monitorización y control del desempeño de las edificaciones, la ausencia de diseño con criterios de eficiencia energética o el uso de programas de simulación del comportamiento energético, en etapas previas a la construcción dificultan tener resultado eficientes en cuanto a gasto energético y confort térmico en las viviendas. (INER, 2014)

Todo lo mencionado hace evidente que la ciudad requiera investigaciones que reparen con efectividad estas estadísticas, con propuestas encaminadas a comparar las distintas variaciones formales, en relación a parámetros de diseño (proporción, orientación, compacidad, porcentaje vanos, etc.) que producto de simulaciones, demuestren el grado de incidencia de la forma en el consumo energético, en el marco de confort y habitabilidad.

1.2 HIPÓTESIS



¿Los aspectos formales inciden en las condiciones de confort y en el desempeño energético al interior de las viviendas en la ciudad de Cuenca?

1.3 OBJETIVOS



1.3.1 GENERAL.

Realizar un estudio del desempeño energético en algunos tipos de viviendas, donde los aspectos formales de diseño inciden, para dotar de condiciones de confort en su interior.

1.3.2 ESPECÍFICOS.

- Generación de modelos virtuales a través de la utilización del software DesignBuilder, de una muestra de viviendas unifamiliares en el área urbana del cantón Cuenca.
- Determinar los valores de trasmittancia térmica de muros, paredes, cubiertas y pisos a través del software DesignBuilder; para cotejarlos con los valores mínimos establecidos en la norma INEN 2506-2009.
- Realizar simulaciones de distintos tipos de variaciones formales de la vivienda, en el software DesignBuilder para modelación y EnergyPlus como motor de cálculo; con el fin de identificar diferencias en el desempeño energético.
- Analizar los resultados de la simulación para determinar los aspectos formales que inciden en la demanda energética, con el objetivo de identificar el factor de variación.
- Identificar la forma más adecuada encaminada hacia la eficiencia energética, para el clima andino frío del Ecuador, tomando como referencia la norma ecuatoriana sobre eficiencia energética NEC-11 cap 13.

Dada la importancia de la eficiencia energética y el problema que conduce la falta de decisiones oportunas, al momento de diseño y construcción de las edificaciones, ya sea por falta de conocimiento, responsabilidad ambiental o el recurso económico; es significativo que se dé respuesta a través de la arquitectura sustentable. De allí la importancia de considerar estudios encaminados hacia la eficiencia energética, que busquen una actuación eficiente de los recursos utilizados en el proceso constructivo, así como el uso mismo del inmueble (INER, 2014); con el menor impacto ambiental posible, y manteniendo con rigor la incidencia sobre la calidad ambiental y el confort térmico de las viviendas. (Alvarado & González, 2014)

Si bien existen múltiples estudios y acciones para mejorar el desempeño energético en las edificaciones, gran parte de ellas se han focalizado en la materialidad, la envolvente y el equipamiento doméstico. (Alvarado & González, 2014) Sin embargo existen también investigaciones que aseguran que los aspectos de forma y diseño

en la vivienda, tienen una incidencia significativa, a tal punto que la correcta orientación y forma de un edificio puede reducir el consumo de energía en 30 o 40% sin ningún coste adicional. (Programa THERMIE et al., 2010)

Así mismo, se ha determinado una relación entre las condiciones formales de los edificios con su comportamiento ambiental, donde se sugiere que la conformación volumétrica de las viviendas presentan incidencias en temas como: la absorción solar, pérdidas térmicas y ventilación natural; donde también las proporciones dimensionales de su forma exterior plantean una reducción considerable en la demanda energética (Alvarado & González, 2014).

En publicaciones de destacados especialistas como Olgyay (1998) establecen una relación formal óptima como la razón entre los lados horizontales, es decir, se recomiendan formas alargadas y proporciones distintas de acuerdo a su zona climática y orientaciones dominantes. En el mismo campo, el manual Neufert (1995), plantea una relación entre

1.4 JUSTIFICACION



las superficies externas y el volumen del edificio viculado con la transmitancia térmica; inclusive investigadores de gran trascendencia como Serra & Coch (1995) han planteado distintos indicadores geométricos, con diversas repercusiones lumínicas, acústicas y climáticas en las edificaciones.

Todos ellos plantean una condición común, la relación superficie exterior/volumen, expresada como "factor forma", donde coeficientes de menor valor dados por formas compactas presentan menor demanda energética, que los de formas extendida y menores, sin embargo, esto se rige a ciertas particularidades y la geometría de una edificación posee condiciones variables especialmente en el desempeño térmico, por ejemplo, en regiones cálidas este factor puede llegar a ser inverso con superficies mayores para facilitar la ventilación, mientras que en zonas frías solo con el asolamiento podría cubrirse esas mismas condiciones. Por ello es evidente comprender el comportamiento de la forma en las tipologías de vivienda, de acuerdo a las particularidades de sus zonas climáticas.

(Alvarado & González, 2014)

Se observa, por tanto, la importancia de la investigación en el área, pues permite reducir el gasto energético en las edificaciones, manteniendo las condiciones confortables al interior. Es por esto que el presente estudio se suma a esta tendencia, con el fin de determinar la forma óptima de un conjunto de tipologías y sus variaciones permisibles para el diseño y construcción de viviendas en el área urbana de Cuenca, que permita tener un consumo eficiente de energía sin afectar las condiciones de habitabilidad.



La metodología de esta investigación se enmarca según el artículo de Alvarado & Gonzalez (2014). El método desarrollado en su estudio consta de cuatro aspectos expresados en el siguiente orden:

1. Características de las viviendas unifamiliares del sector.
2. Estudio de variaciones formales y Simulaciones energéticas.
3. Análisis de resultados de demanda energética.
4. Identificación del factor de regulación.

Para la presente investigación se retoman las tres primeras etapas de acuerdo a las respectivas especificaciones para el área urbana de la ciudad de Cuenca, la cuarta etapa se la fija como factor de variación y se la incorpora en la tercera etapa por ser una consecuencia de análisis, luego como cuarta etapa se establece una validación de datos con la aplicación de la forma óptima en los casos de estudio.

A continuación se describe a detalle el proceso de la metodología establecida en el proyecto de investigación:

1. Características representativas de la vivienda unifamiliar prodominante en Cuenca.

a) En primera instancia se define las características representativas de la vivienda predominante en Cuenca.

b) Se determina el modelo de análisis, mediante la estandarización de los siguientes parámetros:

- la superficie de la vivienda.
- el porcentaje de vanos.
- la dimensión de locales interiores.
- los materiales de la vivienda.

2. Estudio de variaciones formales sobre la vivienda representativa urbana de Cuenca.

Al modelo seleccionado se le aplica variaciones geométricas formales (altura, contigüidad, proporción, extensión y

1.5 METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA INCIDENCIA DE LAS VARIACIONES FORMALES DE DISEÑO EN EL DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN CUENCA

orientación), generando 128 modelos de estudio. Estos modelos surgen de relacionar las variables de la siguiente manera (figura 1):

- Primero, de la relación entre proporción y extensión se generan cuatro modelos (cuadrado, rectangular, quebrado y doble-quebrado).
- Luego estas composiciones volumétricas se varían en altura (1 y 2 pisos), lo cual sumado nos presenta ocho modelos básicos.
- Sobre estos modelos se aplican cuatro condiciones de contigüidad, lo cual muestra 32 composiciones diferentes.
- A estas últimas se les analiza orientándolas en los cuatro sentidos principales, lo que determina un total de 128 modelos de variaciones formales.

Debido al carácter experimental del estudio se analiza únicamente los aspectos de forma, recreando un

escenario en particular para todos los casos de estudio donde se establecen las mismas condiciones de proyecto: climáticas, arquitectónicas, envolvente, topografía y entorno, con la intención de determinar el grado de incidencia estrictamente formal en el campo energético (calefacción) y de confort (térmico y lumínico). Por lo tanto los datos de los resultados en demanda energética, no reflejan fielmente la situación real de consumo energético de las viviendas en Cuenca.

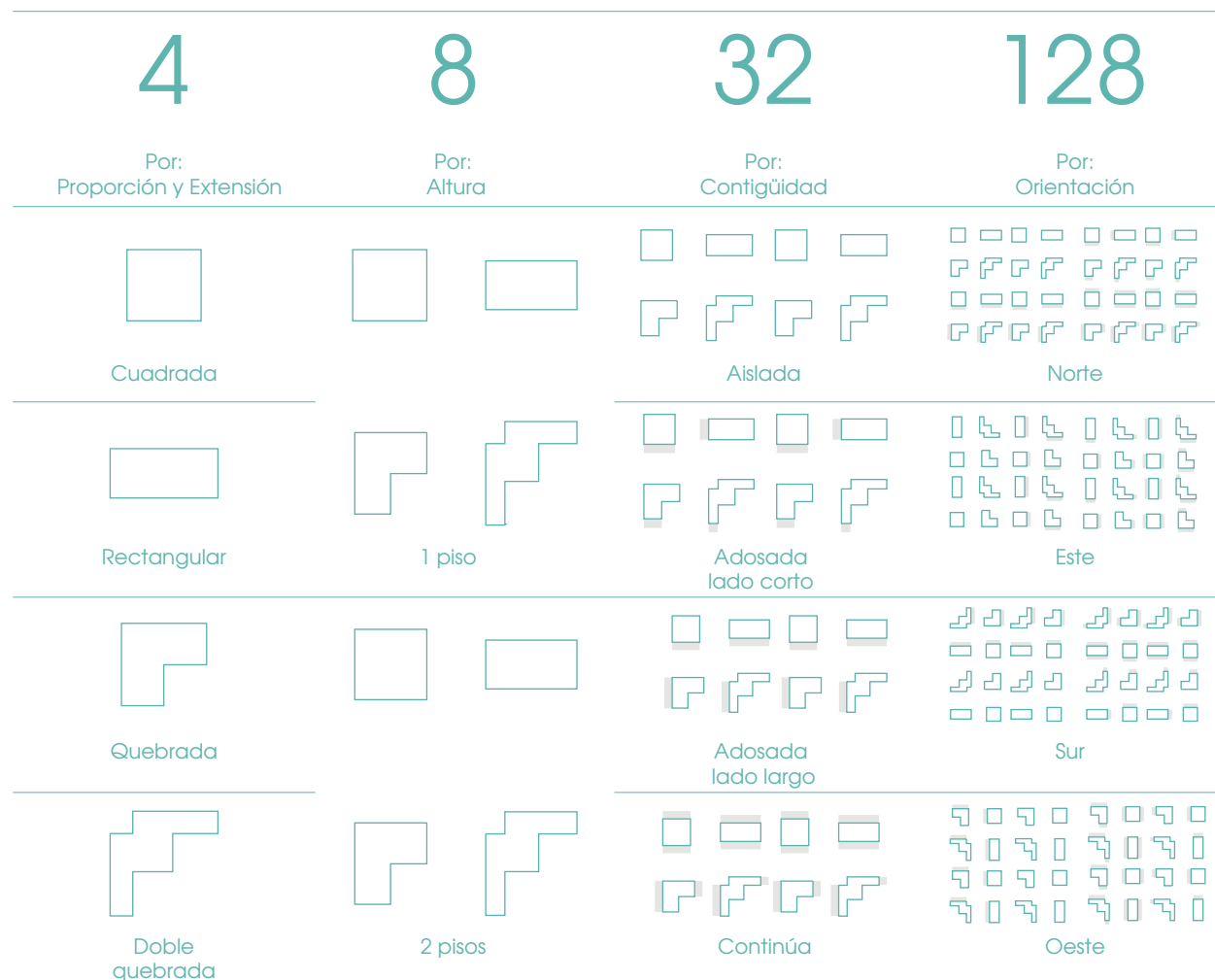


Figura 1. Generación modelos de estudio. Fuente: Elaboración Grupo de tesis.

3. Análisis de desempeño energético, de confort y factor de variación.

a) Se efectúa un análisis comparativo del desempeño energético para calefacción y confort térmico en los 128 modelos de estudio. Para la ejecución de las simulaciones se considera los siguientes datos de entrada:

- Una banda de confort interior entre 18C° y 26C°.
- Los valores de transmitancia de los elementos constructivos que componen el modelo son propios del software, pero similares a los presentes en las viviendas de la ciudad.
- Una ocupación fija o única.
- No se consideran sistemas de climatización mecánica, ni equipos o sistemas que generen calor, con el fin de disminuir las incidencias ocasionales (Vilches, 2008), (Alvarado & González, 2014).

Para precisar el análisis se utiliza un fichero climático en formato IWEC, con datos de estaciones climatológicas de la Ciudad de Cuenca. Mientras que para el

desarrollo de las simulaciones se utiliza el software Desing Builder 2016 versión 5.0.2.003, por tratarse de un software de simulaciones energéticas avanzadas con alta tecnología en modelización que trabaja con Energy Plus como motor de cálculo de funcionamiento intuitivo y simple (Alvarado, González, Bustamante, Bobadilla & Muñoz, 2014). Además el software permite:

- Cálculo del consumo de energía de un edificio.
- Simulación térmica de los edificios.
- Predicción de la distribución de luz natural mediante simulaciones de Radiance.
- Simulación detallada y diseño de HVAC.

Para las simulaciones se considera las siguientes cálculos:

- Demanda de energía anual del modelo (KWh/m²-año), por concepto de calefacción.
- Comportamiento térmico interior (C°).
- Comportamiento lumínico de los modelos de tipología continúa. Se

consiguen los indicadores de factor luz día (FLD) e iluminancia (lux).

- Cálculo del factor U o transmitancia térmica para los elementos del modelo: muros, piso, entrepiso, cielo raso y cubierta.

Los resultados de la demanda energética (calefacción) son equiparadas entre sí de acuerdo a las diferentes variaciones formales aplicadas a los modelos y se señala el porcentaje de incidencia de cada uno en los diferentes modelos. Para las simulaciones del confort lumínico se considera únicamente los modelos continuos por ser los más desfavorables lumínicamente, con el fin de precisar si estos modelos se encuentran dentro de los índices de la normativa, siendo en total 32 variaciones, entre 1 y 2 pisos, y las 4 orientaciones. Cabe aclarar que el análisis lumínico se desarrolla sólo como complemento para verificar el grado de iluminación natural en los modelos de estudio, mas no como un aspecto formal de diseño que incida en el desempeño energético. En el caso el confort térmico se interpreta los resultados de acuerdo a los valores del rango óptimo de temperatura

según la norma (18 C -26 C°).

b) Luego se define la forma óptima a través del factor forma: Para ello se ubican los modelos de acuerdo a los valores de la demanda en posición ascendente; después mediante la generación de gráficos estadísticos se comparan entre sí; para finalmente determinar la forma de mejor comportamiento energético, térmico y lumínico; y consecuentemente su factor de variación.

4. Validación - Aplicación de la forma óptima en los casos de estudio.

Finalmente se aplican de los criterios formales óptimos derivados del análisis anterior, sin afectar los parámetros esenciales como la superficie, el porcentaje de vanos y la materialidad; con el propósito de que los modelos puedan ser comparables formalmente entre el actual y el propuesto.

A continuación se presenta un diagrama sintetizado de la metodología de estudio (figura 2).

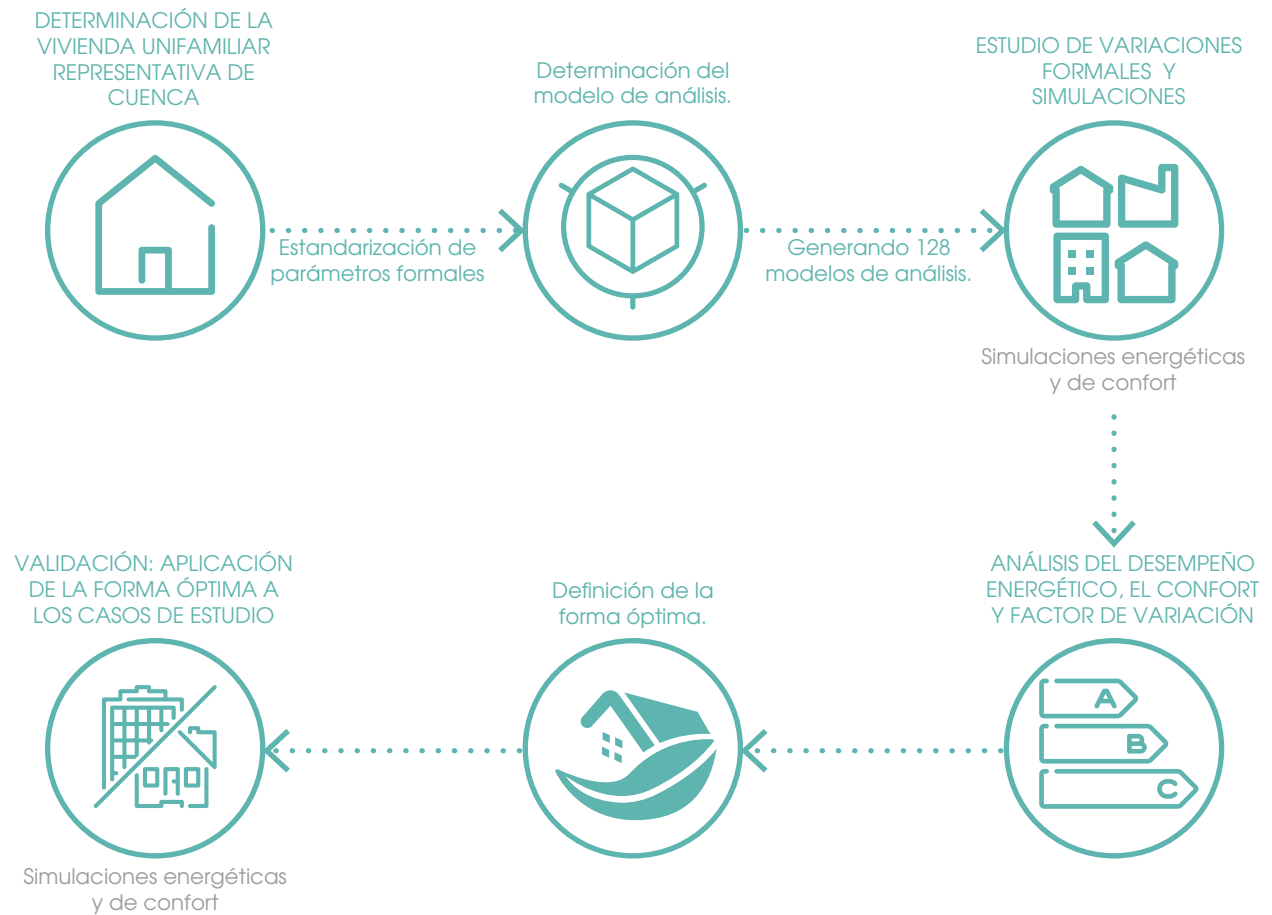
DIAGRAMA DE LA
METODOLOGÍA DE
ESTUDIO

Figura 2. Diagrama de la metodología de estudio. Fuente: Elaboración Grupo de tesis.



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO





CAPÍ- TULO 2

M A R C O - T E Ó R I C O

C O N T E N I D O S »

2.1	EFICIENCIA ENERGÉTICA.
2.2	CONFORT AMBIENTAL.
2.3	LA FORMA DEL EDIFICIO.
2.4	NORMATIVA EXISTENTE.
2.5	ESTRATEGIAS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y EL CONFORT AMBIENTAL.
2.6	EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONFORT AMBIENTAL EN CUENCA.
2.7	ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE CUENCA .
2.8	CONCLUSIONES.

2.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA

2.1.1 Antecedentes

Los temas vinculados a la eficiencia y el ahorro de energía, actualmente están siendo considerados por el uso de una gran cantidad de recursos energéticos, en varios sectores como: la construcción, el transporte, el residencial, etc. Este último es relevante al momento de sugerir las pautas sobre eficiencia energética, pues este sector se encuentra en el tercer lugar a nivel mundial, y ocupa el segundo a nivel de Latinoamérica y el Caribe después del transporte de acuerdo a datos de la Olade y la OEDC (figura 3 & 4) (Rey, 2010).

Además ciertos acontecimientos como; el presunto agotamiento del petróleo y el alza de su precio, el aumento de las emisiones de CO₂ producidas por el hombre, entre otros; han provocado el incremento en la preocupación por el cambio climático y el medio ambiente. Esto hace necesario variar los lineamientos en el uso de energía e indagar en alternativas para optimizar el consumo de energía (Higueras, 1998). El combate contra el cambio climático es un tema esencial a nivel internacional

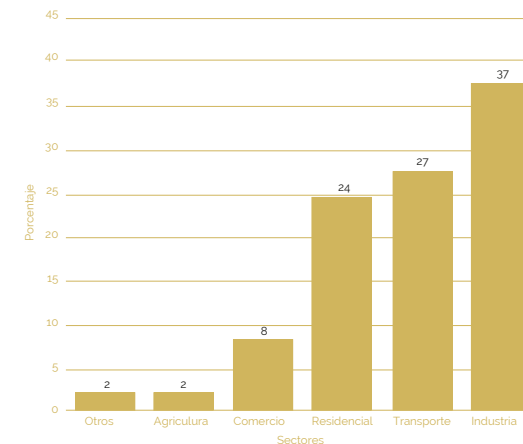


Figura 3. Consumo total final por sector a nivel mundial, 2010. Fuente: Energy Balance of Non-OECD Countries (2012 edition), AIE. Elaboración: Grupo de Tesis.

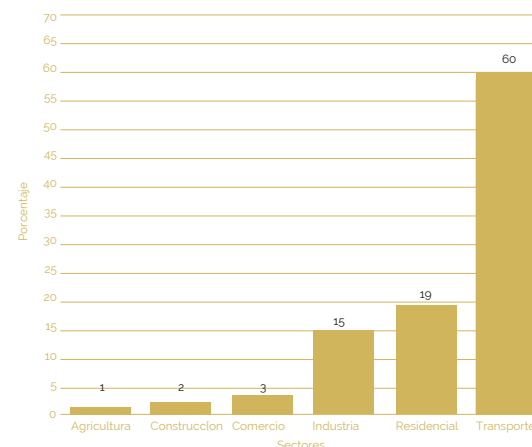


Figura 4. Consumo Sectorial de América Latina y el Caribe (ALC). Fuente: SIEE - OLADE. Elaboración: Grupo de Tesis.

y que fue tratado en La Cumbre de París (COP21), llevada a cabo en diciembre del 2015, en la que se acordó la aceptación del (Acuerdo de París, AP) en el cual se plantean varios objetivos, siendo el más relevante de ellos "Limitar el aumento de la temperatura media por debajo de los 2°C por encima de los niveles pre-industriales y proseguir los esfuerzos para limitarlo a 1.5°C, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático". Además por primera vez no solo los países industrializados tienen que minimizar sus emisiones de gases de efecto invernadero (figura 5) (Acuerdo de París, 1015).

La energía en el cambio climático es un elemento fundamental, por ello, las decisiones que pretendan contribuir en la minimización, moderación o adaptación en el sector energético tienen que ser considerados; dentro del campo de la eficiencia energética donde se plantea la institucionalización de la eficiencia energética en países de América Latina y el Caribe, a través de la consolidación de una institución responsable, delegada a dirigir y guiar los planes de eficiencia

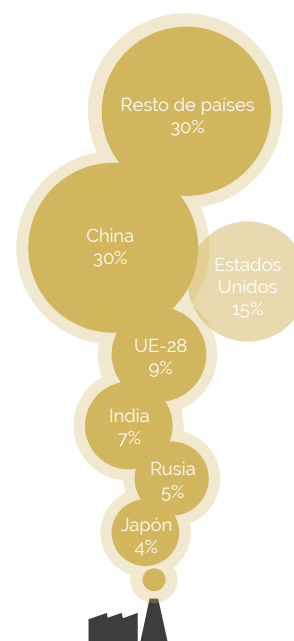


Figura 5. Emisiones de CO2. Fuente: Acuerdo de París. Elaboración: Grupo de tesis

energética a nivel nacional, incorporando normas y leyes, con el objeto de alcanzar ahorros de energía sostenibles y reduzcan los niveles de CO2. Los ejes de intervención son: a. Fortalecimiento de la institucionalidad b. Capacitación de profesionales en eficiencia energética. c. Ejecución de programas (OLADE, 2017).

2.1.2 Definición

La eficiencia energética es un tema complejo de definir, pero podemos decir que corresponde a la capacidad de emplear una menor cantidad de energía obteniendo igual cantidad de servicios. Dentro de la arquitectura puede entenderse como el grupo de acciones que permiten optimizar el uso de energía,

mejorar el nivel de vida, minimizar costos y de forma paralela, restringir la generación de gases de efecto invernadero (figura 6) (OLADE, 2017). Así mismo, para alcanzar la eficiencia energética se debe obtener los mismos servicios con el menor gasto de energía, y que no afecte al confort ambiental.



Figura 6. Eficiencia energética. Fuente: <http://www.garperenergy.com>. Elaboración: Grupo de tesis.

I. Confort ambiental en viviendas

Se lo puede describir como el rango de condiciones del entorno estimadas tolerables dentro de un espacio habitable, en donde el ser humano realiza sus actividades; el confort depende de factores variados y su combinación e interrelación admiten que este finalmente se logre o no (Bustamante, 2009)

II. Factores de influencia (figura 7).

- Factores físicos que incluyen la temperatura del aire, temperatura de las superficies, humedad relativa del aire, color de las superficies e intensidad y calidad de la luz.
- Factores humanos como: la edad, sexo, características específicas del individuo y factores culturales.
- Factores externos tales como la vestimenta, el tipo de actividad física vinculada a la actividad metabólica y los hábitos o condiciones sociales (Bustamante, 2009).

Estudios han demostrado que la aceptación de un ocupante en relación al ambiente interior pasa principios cuatro básicos de confort (Clauses and Wyn, 2008). El presente estudio considera dos conceptos en cuanto a confort, el higrotérmico y el lumínico ya que estos están relacionados a los aspectos formales de diseño pues constituyen la temática de estudio.

2.2 CONFORT AMBIENTAL

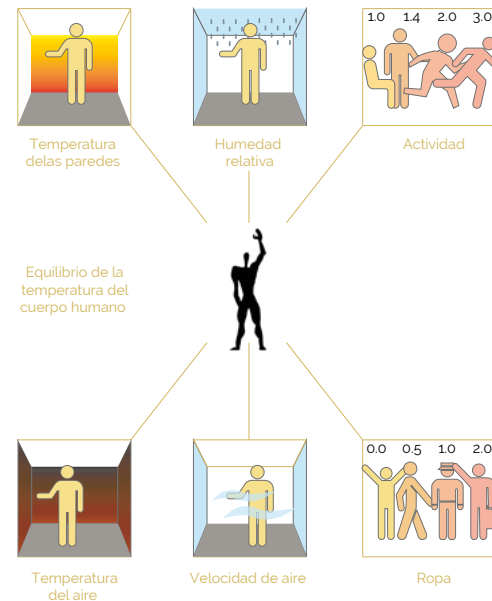


Figura 7. Parámetros que determinan el confort térmico. Fuente: Vitruvio ecologico. Elaboración: Grupo de tesis.

2.2.1 Confort Higrotérmico

Se describe como el estado de satisfacción de la persona en relación a la temperatura ambiental del recinto en el que se encuentra, que se centra en alcanzar el equilibrio entre el calor que produce el ser humano y su dispersión en el entorno (figura 8) ((ERG), 2007). El confort depende de varios parámetros, unos relacionados con las personas y otros con el ambiente donde se encuentran las personas.

Parámetros relacionados con las personas:

- Metabolismo: es el conjunto de reacciones químicas que realiza el cuerpo para conservar la temperatura corporal de 36,7 C.
- Vestimenta: que disminuye el intercambio de calor entre el entorno y la superficie de la piel (Bustamante, 2009).

Parámetros relacionados con el ambiente:

- La temperatura del aire: interviene en el intercambio de calor de una persona mediante la convección y evaporación.
- La humedad relativa: actúa en el intercambio de calor al permitir la evaporación de sudor.
- La temperatura superficial interior de la envolvente: afecta al calor del cuerpo al estar en contacto con las superficies.
- La velocidad del aire: genera frescor debido a la disminución del calor por convección (Bustamante, 2009).

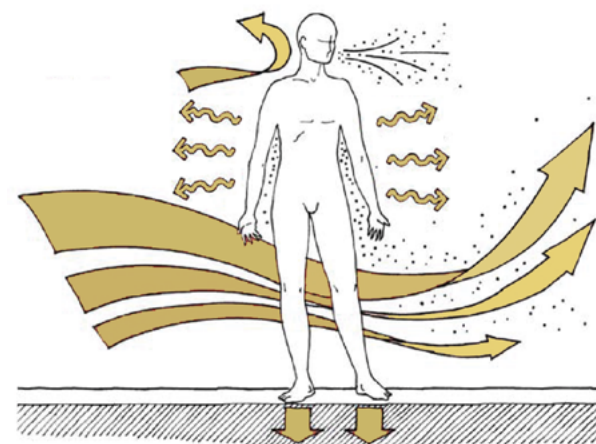


Figura 8. Intercambio de calor entre un ser humano y su entorno natural. Fuente: Guía para la eficiencia energética en la vivienda social (2009)

2.2.2 Confort Lumínico

Se dice que un espacio es confortable lumínicamente cuando se puede observar los objetos sin provocar malestares o cansancio, y se dispone de un entorno de colores aceptables para las personas (Bustamante, 2009).

Para un nivel adecuado de confort lumínico se aconseja la iluminación natural pues posee una calidad extraordinaria en cuanto a la reproducción, apariencia y dirección del color. El confort lumínico depende: De cantidad de luz, que hace referencia a los niveles de iluminación que requiere un espacio para realizar una tarea en específico (figura 9), De la distribución de luz dentro del espacio. Lo cual es más significativo que la calidad misma de la luz, debido a que su homogeneidad afecta la percepción de calidad. La forma en la cual se percibe la distribución de la luz se puede determinar mediante el deslumbramiento y el contraste ((ERG), 2007).

De acuerdo a estándares internacionales se determinan niveles de iluminación

adecuados a los diferentes espacios de la vivienda en donde se realizan actividades que solicitan niveles mínimos de iluminación y de esta forma no atentar contra la salud de los usuarios (tabla 1) (Liébard, 2003).

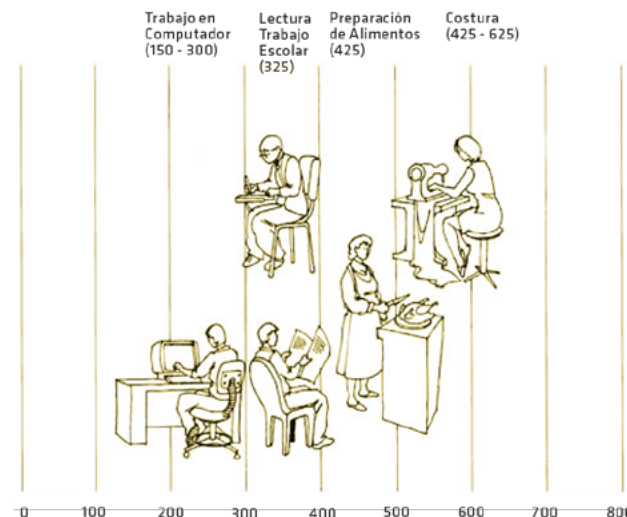


Figura 9. Confort lumínico de acuerdo a la actividad. Fuente: Guía para la eficiencia energética en la vivienda social (2009)

Tabla 1. Niveles mínimos de iluminación por actividad.

Actividad	Iluminación necesaria (lux)
Lectura	325
Trabajo escolar	325
Costura	425-625
Preparación	425

Fuente: INEN - 2009, Elaboración: Grupo de Tesis

2.3 FORMA DEL EDIFICIO

La forma en la arquitectura es el punto de contacto entre la masa y el espacio, vinculada al resultado de un conjunto de decisiones, que van desde las peculiaridades del entorno, pasando por los materiales, el color y texturas, todo combinado con el programa para infundir calidad al espacio (Bacon, 1974).

Hoy en día hay otro aspecto de gran importancia y trascendencia, que también ha calado fondo en las últimas décadas, este es el aspecto climático, aunque la arquitectura vernácula ya lo había planteado de manera empírica, que la forma es capaz de responder apropiadamente al medio ambiente.

2.3.1 Tipos de Forma

En el texto de Hagan (2007) se habla de la forma eficiente como parte de los tres principios formales complementarios (forma eficiente, contextual y atractiva). Martínez (2015) lo describe como una diversidad tipológica en la arquitectura de las distintas franjas climáticas del planeta preparada para adecuarse a las múltiples solicitudes meteorológicas.

Se presentan tres casos tipo: forma térmica, forma solar y forma aerodinámica.

I. Forma Térmica

La forma térmica se refiere al grado de exposición entre la temperatura interior y exterior del espacio, así como también la transferencia de aire y humedad (Behrman, 1979) y se concreta en el área y conductividad de la superficie de contacto entre ambos (Martínez, 2015). Según Olgyay (1998) a la forma térmica le correspondería un bajo coeficiente de factor forma, puesto que la superficie expuesta es mínima respecto al volumen alojado.



Figura 10. Forma térmica. Tomado de: <https://www.dreamstime.com>

El iglú es un ejemplo de baja conductividad (figura 10). A la inversa, si la forma quiere facilitar el intercambio de calor, dicho coeficiente aumentaría. Este tipo de geometría reduce la resistencia térmica, sin embargo, su capacidad de refrigeración en verano es casi nula (Martínez, 2015).

II. Forma Solar

Si bien una esfera por su compacidad presenta una mayor acumulación térmica, un rectángulo bien orientado de Este a Oeste puede también captar una gran cantidad de radiación solar en el año

(figura 11). A esta condición se la identifica como forma solar donde se prioriza la orientación y tamaño de las superficies acristaladas sobre su geometría (Martínez, 2015). En edificios de bajo coeficiente de forma, la necesidad de exposición solar en los meses fríos será reemplazada por una equivalente necesidad de protección solar en los meses cálidos. A esto se lo conoce con el efecto ábside (Hosey, 2012).

La forma solar, también es bimodal, esto quiere decir que usa tanto las características favorables de la forma térmica como de sus propias peculiaridades.

III. Forma Aerodinámica

La forma aerodinámica tiene también carácter bimodal, pero con un componente geométrico tridimensional más complejo, que obedece a un régimen de variación no cíclico (Martínez, 2015).

Investigadores como Ralph Erskine (1958) y Frei Otto (1971) han realizados varios trabajos con el fin de hallar los principios para la forma eficiente; en

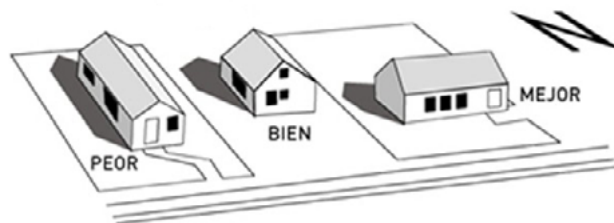


Figura 11. Forma solar. Tomado de: <http://www.factica.es/arquitectura/index.php/en/blog/56-passive-house-iv-manipular-la-orientacion-y-la-forma>



© Balcones en placa y tirantes de
Vallmón Tarró, suspendidos para
reducir el efecto de puente de frío.

Figura 12. Forma aerodinámica. Tomado de: <https://josepeixeresros.wordpress.com>

sus propuestas de ciudad en el artículo (figura 12) llegaron a la conclusión de que los mejores resultados para la forma se obtienen cuando se combinan estratégicamente los tres tipos, logrando una especie de morfología híbrida.

Encontrar la forma y organización espacial idónea, en la fase de concepción del proyecto es lo correcto, puesto que una vez construido el proceso de mejoramiento tiende a ser complicado y costoso tanto en lo económico

como ambiental. Cabe indicar que si la edificación logra una forma y ubicación efectiva podría disminuir el consumo de energía en un 30 o 40% sin ningún coste adicional (Programa THERMIE, Sanmiguel S., & Hernández Pezzi, 2010). Por lo que es evidente priorizar estudios y validación de resultados en torno al factor forma.

2.3.2 Factor de Forma

El factor de forma es la relación entre el volumen total de la edificación y la superficie de la envolvente. Estos dos elementos intervienen de manera directa en el aprovechamiento climático del entorno (INER et al., 2015). Para el cálculo del factor de forma, se considera la siguiente expresión:

$$f = \frac{S_G}{V_T}$$

Donde:

SG = Superficie global de la piel en m² que rodea al edificio.

VT = Volumen total del edificio en m³, incluido los patios.

2.3.3 Influencia de la forma para el confort

Varios estudios han contemplado la incidencia de los aspectos formales en las condiciones de desempeño ambiental de viviendas.

Alvarado (2014), analiza diferentes modelos de vivienda con la misma superficie y características constructivas, y determinan una influencia de la forma en el comportamiento ambiental, que depende de la configuración y ubicación, e indica un mejoramiento del confort al interior.

Alvarado (2013), estudia las características arquitectónicas incidentes como: geometría, ocupación, materialidad y sistemas, las cuales revelan dispersiones en las condiciones de confort, con lo cual sugiere para el mejoramiento ambiental se debe regular la forma arquitectónica, composición de la envolvente y subdividir recintos.

Filippín, Sipowicz, & Larsen (2013), conciben un modelo representativo

del sector con una composición determinada en área, programa y forma, torno a las características tipológicas de: introversión (función), compacidad (forma), diferenciación y ordenamiento funcional (distribución), sistematización y modulación (orden, ritmo, contigüidad), tecnología y entorno (asoleamiento, ventilación, iluminación, ventilación mecánica). Concluye que una vivienda compacta medianera contempla un 50% menor consumo por calefacción, que la vivienda unifamiliar pareada de un mismo sector, manteniendo una temperatura interior entre 16 y 22°C.

Alías & Jacobo (2011), indican que existe una correlación entre las temperaturas al interior con el factor forma y consiguientemente con la envolvente de la tipología de vivienda social. Postula que al aumentar el factor de forma (extensión) y el coeficiente de absorción de radiación de la envolvente, aumenta también la temperatura radiante media del interior de la vivienda, lo que se traduce en un mayor gasto energético para mantener el confort de invierno o verano.

Tabla 2. Influencia de la forma para el confort

Estudios	Características	Mejoras en el confort
Condiciones de forma y desempeño energético de viviendas unifamiliares en el centro-sur de Chile	Análisis de diferentes configuraciones formales de un mismo modelo de vivienda con la misma superficie y características constructivas. Con variaciones en contigüidad, proporción, extensión, altura y orientación solar.	Influencias formales en el comportamiento ambiental de viviendas según la configuración y ubicación, lo cual sugiere el mejoramiento del confort interior.
Mejoramiento ambiental de viviendas urbanas unifamiliares en centro-sur de Chile	Características arquitectónicas incidentes como: geometría, ocupación, materialidad y sistemas, las cuales revelan dispersiones en las condiciones de confort.	Para el mejoramiento ambiental se debe regular la forma arquitectónica, composición de la envolvente y subdividir recintos.
Monitoreo energético experimental de vivienda unifamiliar compacta en un clima templado frío de Argentina.	Se analizan un modelo con una tipología representativa del sector en base a la función, forma, distribución, tecnología y otras características arquitectónicas.	Manifiesta que una vivienda compacta de tipología continua, demanda un 50% menos que una vivienda pareada en un mismo lugar. con una temperatura entre 16 y 22°C.
Eficiencia energética en viviendas sociales. Incidencia de la envolvente en el consumo eléctrico para mantener el bienestar higrotérmico en los espacios interiores.	Estudian la correlación entre la temperatura interior con el factor forma y la envolvente del modelo de vivienda social	Indica que al aumentar el factor forma y el coeficiente de absorción solar de la envolvente, aumenta la temperatura media interior de la vivienda.
Vivienda Social. Déficit Habitacional y Habitabilidad Higrotérmica. Evaluación y Propuestas para su comportamiento en la provincia de Mendoza	Realizan un análisis perceptual a una muestra de viviendas, y presentan un indicador cuantitativo de disconformidad.	Concluyen que la tipología de vivienda compacta tienen un porcentaje de disconformidad menor que la duplex y la quebrada, indicando que la temperatura interior esta de alguna manera relacionada con la forma de la edificación.

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

De Rosas C. (1989), realiza un análisis térmico perceptual, indicando la situación de discomfort encasillado al consumo energético, a un conjunto de 20 viviendas por cada tipología ubicada en el sector. Mediante un indicador cuantitativo establece que la tipología compacta tiene una percepción térmica del 53% de disconformidad (frío, muy frío), mientras que la tipología quebrada indica un 79% de discomfort, y en la tipología dúplex un 62% manifiestan no estar conformes. Lo que podría determinar que las formas compactas y poco esbeltas conservan mayor calor, aparte de la calidad térmica del envolvente, resumen en la (tabla 2).

2.3.4 Influencia de la forma para el desempeño energético

Algunos estudios han revisado incidencias de los aspectos formales en el desempeño energético de edificaciones.

El estudio liderado por Celis (2012), realiza varias simulaciones con el software Casanova, a varias viviendas en la Ciudad de Concepción, con una misma superficie

y altura de volúmenes regulares con diferente orientación, proporción y contigüidad. Determinando demandas energéticas de (69 a 147) kW-h/m² con mayor incidencia por el tipo de adosamiento.

Pacheco (2012), en su estudio recomienda un factor igual a la proporción de lados de acuerdo a la orientación, que influirá en un 36% de la demanda por calefacción en climas fríos.

Danielski (2011), analiza edificios residenciales en zonas frías, donde determinan una reducción de 5 kW-h/m² por cada 0.1 del factor forma.

CITEC-UBB & Decon-UC (2012), estudia que el volumen del edificio tiene una relación directa con el clima en el que está emplazado así como al programa de uso. Identifica también que un valor menor de factor forma ocasiona menores pérdidas de energía, por lo que establece reducir el factor forma en climas templados y fríos. Generalmente los volúmenes pequeños

en especial los de un piso suelen tener un factor forma mayor a los edificios grandes.

Florides GA, Tassou SA, Kalogirou SA, & Wrobel LC (2002), cuantificaron el efecto de la forma para los requerimientos de energía para calefacción y refrigeración de una edificación. En sus conclusiones mencionan que la mejor posición para una vivienda de forma rectangular es colocar la cara de mayor superficie en fachada orientada correctamente. Indican que un modelo con $\frac{1}{2}$ de factor forma (menor superficie expuesta) requieren casi 8.2% más energía por calefacción y esto podría incrementarse hasta el 26% si se toma en cuenta el asolamiento de la cubierta.

Pacheco R., Ordoñez J., & G. (2012), señalan que en climas fríos y muy fríos, se escapa más calor a través de la envolvente que la cantidad de calor que se puede ganar al aumentar la superficie expuesta. Por lo tanto el aumento del índice del factor forma (mayor superficie expuesta para el mismo volumen, menor índice de compacidad) es proporcional al aumento de energía por calentamiento.

Mingfang T (2002) estudió la influencia de la proporción de la edificación (largo-ancho-profundidad) al recibir la radiación solar para una edificación de forma en paralelepípedo para ello mantuvo un volumen constante y equilibrada, aplicando una fórmula que analiza la radiación solar relativa recibida en la superficie expuesta según la orientación (norte, sur, este, oeste); el resultado establece una proporción óptima para la edificación que minimiza la radiación solar directa recibida, que expone una reducción de hasta un 4% en comparación con una edificación cúbica.

Premrov, Žegarac Leskovar, & Mihalič (2016), estudian la influencia de la forma en la necesidad energética anual por calefacción y refrigeración en seis ciudades europeas de climas diferentes, realizan análisis simulados en modelos de caja (timberglass) variando la relación de proporción y altura, manteniendo un mismo porcentaje de acristalamiento a pared de 35%, la investigación determina que para climas fríos es mejor diseñar

viviendas de dos piso en lugar de una sola planta, además la relación de proporción muestra una incidencia positiva en la reducción de necesidad energética, mientras que para climas cálidos estos pueden ser totalmente opuestos; resumen en la (tabla 3).

Tabla 3. Influencia de la forma para el desempeño energético

Estudios	Características	Mejoras en el desempeño energético
Análisis energético de las viviendas del centro-sur de Chile	Realizado con el software Casanova, a varias viviendas en la Ciudad de Concepción, con una misma superficie y altura; a volúmenes regulares con diferente orientación, proporción, contigüidad.	El mejor resultado es la vivienda con el eje mayor en sentido este-oeste, la diferencia de la posición norte-sur es 4%. La mejor solución es la vivienda adosada rectangular, con una mejora de un 55%, con respecto a la vivienda aislada.
Diseño de edificio energéticamente eficiente: una revisión	El factor forma en relación equivalente a la proporción de lados de acuerdo a la orientación.	Combinando la forma y la orientación, se puede obtener beneficios con un ahorro de energía térmica del 36%.
Variaciones de energía en edificios de departamentos debido a diferentes factores de forma y tamaño relativo de áreas comunes	Con factor forma 1, la demanda energética de casos de estudio de se comparó con la demanda de casos hipotéticos similares en volumen, área de piso, planta baja, techo y relación de ventana a fachada.	Una reducción de 5 kW-h/m ² por cada 0.1 de la proporción general, pero advirtiendo la singularidad de las áreas comunes.
El Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos, Chile.	El volumen geométrico está directamente relacionada con el clima, el emplazamiento en la zona y el programa de uso.	Menor valor de factor forma, significa menor pérdida de energía en climas fríos y templados.

Medidas utilizadas para reducir el consumo de energía del edificio y su rentabilidad	Cuantifica la incidencia de la forma de acuerdo a las solicitudes energéticas de calefacción y refrigeración en la vivienda	Los modelos con factor forma reducido de 1/2, requieren casi 8.2 % mas energía por calefacción
Eficiencia Energética en el Diseño de Viviendas	Identifican que se producen mas pérdidas de calor a través de la envolvente, que ganancias al aumentar la superficie expuesta	Los modelos con factor forma reducido de 1/2, requieren casi 8.2 % mas energía por calefacción.
Solar control for Building (Control Solar sobre Edificaciones)	Analizan la proporsión de la forma paralelopipeda en las tres dimensiones (largo, ancho, profundidad), manteniendo un volumen constante, mediante una fórmula matemática que relaciona la radiación solar y la superficie expuesta, en las cuatro orientaciones del eje cartesiano.	Reducción de hasta un 4% en comparación forma cubica.
Influence of the building shape on the energy performance of timber-glass buildings in different climatic conditions	Estudian la influencia de la forma en la necesidad de energía para calefacción y refrigeración en seis ciudades europeas de climas variados torno a la proporsión y altura, con un mismo porcentaje de ventanas	Determina para climas fríos funciona mejor viviendas en dos plantas de foirma prismática.

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

2.3.5 Características de Forma

Se refiere a un conjunto de peculiaridades que un edificio puede tener, tanto al tratamiento de sus volúmenes, como a sus proporciones y aspecto exterior. Entre las características que definen la forma Serra & Coch (1995) plantean lo siguiente:

- a) La compacidad del edificio
- b) La porosidad del edificio
- c) La esbeltez del edificio

I. Compacidad.

Este concepto establece la relación entre la superficie que rodea al edificio y su volumen, es decir el grado de concentración de las masas (figura 13).

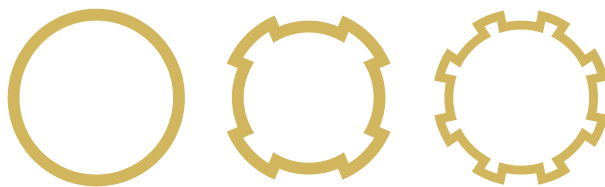


Figura 13. Compacidad. Fuente: Arquitectura y Energía Natural, Elaboración Grupo de Tesis

II. Porosidad

Es la relación de proporción entre el volumen lleno y el volumen vacío de un mismo edificio, es decir, la proporción entre patios de una edificación en relación con el volumen total (figura 14).

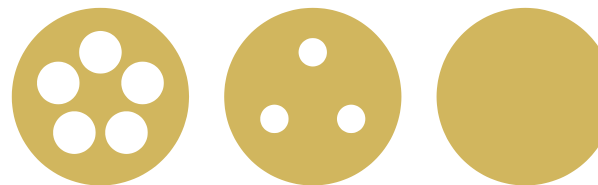


Figura 14. Porosidad. Fuente: Arquitectura y Energía Natural, Elaboración Grupo de Tesis

Se considera patios a las superficies abiertas de contacto con el exterior, debe ser inferior a $1/6$ de la sumatoria de superficies de todos los cerramientos de patios incluido la misma superficie abierta, si dicha superficie supera este valor su influencia va sobre la compacidad.

III. Esbeltez

Manifiesta las proporciones generales de un edificio (alargado en sentido vertical, ensanchado en sentido horizontal) (figura 15).



Figura 15. Esbeltez. Fuente: Arquitectura y Energía Natural, Elaboración Grupo de Tesis

2.3.6 Parámetros de Alteración de la Forma.

Estos parámetros son variaciones frecuentes en las edificaciones habitacionales, con incidencias relevantes de acuerdo a los estudios revisados, y que también han sido tomadas en consideración para nuestra investigación.

I. Altura.

Es un factor que incide en la calidad de las edificaciones, al momento de iluminar o ventilar el interior de un espacio. La NEC (2011), considera tres maneras de regular la altura: (figura 16)

- Altura de local (q_L). La distancia vertical entre el piso y el tumbado de un local.
- Altura de un edificio (q_e). Es la distancia vertical tomada desde la calle hasta la intersección entre la pared de fachada y la cubierta (si tiene buhardilla hasta el punto medio del alero y el cumbrero).
- Altura útil (q_u). Altura libre del local. Cuando no se ha provisto un tumbado terminado, la cara inferior de las viguetas o vigas de cubierta

debe tomarse como límite superior de la altura útil.

III. Proporción.



Figura 16. Alturas esquema.
Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

II. Contigüidad.

Relación de contacto con volúmenes vecinos que lo rodean, definido por una condición aislada; adosamiento por el lado mayor o menor; o en ambos (continuo), (figura 17) (Alvarado & González, 2014).

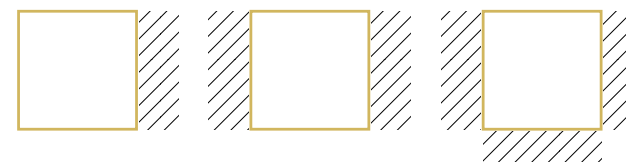


Figura 17. Contigüidad esquema.
Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

Es el elemento capaz de unificar y ordenar el todo con sus partes. Geométricamente la proporción es la relación comparativa, entre los planos delimitantes de los espacios y de los

volúmenes. Por ejemplo un cuadrado a cuyo lado daremos un valor de una unidad, tendrá una proporción de 1:1 lo que matemáticamente se representaría como 1/1 (figura 18), (Acuña, 2007).



Figura 18. Proporción esquema.
Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

IV. Extensión.

El término se utiliza para nombrar la medida del espacio, que ocupa un cuerpo y a la capacidad para ocupar una parte del espacio (Porto & Merino, 2010). Específicamente se considera extensión a la cantidad de caras verticales en planta, podemos encontrar las de cuatro caras (cuadradas y rectangulares), seguido de las de seis con una disposición quebrada (en L), también están las de ocho con una disposición de doble quebrada (en Z). En esta última hay un extenso número de variantes que pueden presentar otras

conformaciones en T o C u otros quiebres con mas caras, Tales disposiciones pueden producir puentes térmicos o ganancias por captación solar, que lo determinan en efecto como un aspecto relevante sobre la configuración formal (figura 19) (Alvarado & González, 2014).

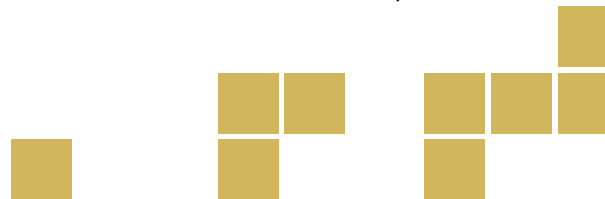


Figura 19. Extensión esquema.
Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

V. Orientación.

Se orientará la edificación de acuerdo a las necesidades de ganancia o protección solar y de ventilación, calidad de aire y aislamiento acústico, (figura 20), (NEC, 2011).

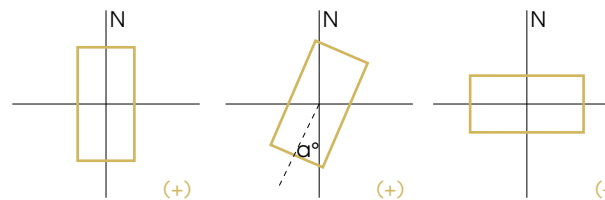


Figura 20. Orientación esquema.
Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

2.4 NORMATIVA NACIONAL

Los parámetros de variación de la forma, determinan el factor de regulación de las incidencias formales en los tipos de viviendas. Estos parámetros están sujetos a normativas nacionales que tienen como objetivo establecer las características técnicas mínimas, para reducir el consumo energético.

2.4.1 INEN 2-506:2009 Eficiencia Energética en Edificaciones.

I Forma.

El diseño de una edificación debe contemplar una adecuada forma y una buena orientación del edificio. En la forma del edificio radica el aprovechamiento climático de su entorno, a través de relacionar dos elementos básicos: la superficie y el volumen. Este valor se entiende como factor forma (tabla 4).

Tabla 4. Rango permisible del Factor de Forma

Factor de forma (f)	Zona climática
$0,5 < f < 0,8$	Templada
$f < 1,2$	Cálida

Fuente: INEN - 2009, Elaboración: Grupo de Tesis

II. Materiales.

Tabla 5. Propiedades térmicas de materiales establecidos en la INEN - 2009

INEN 2506			
Material	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica W/(m×K)	Calor específico J/(kg×K)
Larillo artesanal	1600	0,582	921
Revestimiento C/A*	1900	0,930	1046,7
Madera	700	0,174	1674,72
Losa de homigon	2500	1,861	837,36
Estuco	700	0,233	1046,7
Plancha de fibrocemento	1600	0,465	921,096

Fuente: INEN - 2009, Elaboración: Grupo de Tesis

2.4.2 INEN 1-152 Iluminación Natural de Edificios.

I Iluminación natural.

Niveles de referencia y puntuación para la iluminación natural: factor luz día.

• Ambientes

Salas 0,625% FLD y mayor o igual a 300Lx.
Cocinas 2,5% FLD y mayor o igual a 300Lx.
Dormitorios 0,313% FLD y mayor o igual a

300Lx.

Estudios 1,9% FLD y mayor o igual a 300Lx.
Circulaciones 0,313% FLD y mayor o igual a 300Lx.

2.4.3 NEC-11. Capítulo 13. Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador.

I Forma:

- Recomendación en climas cálidos y húmedos formas elevadas, con grandes aberturas que faciliten la ventilación y la sombra del edificio.
- En climas cálidos y secos es mejor la construcción compacta y pesada, con gran inercia térmica, para amortiguar las variaciones exteriores de temperatura.
- En climas fríos los edificios compactos, bien aislados constructivamente y con reducidas infiltraciones de aire contemplan mejor comportamiento térmico.

II Elementos arquitectónicos:

- Accesos_ Según el clima el acceso principal debe ser un espacio cerrado que se constituya en una esclusa de separación, que disminuya las pérdidas de aire caliente o frío del interior del edificio.
- Muros y fachadas_ Los muros y fachadas deben cumplir las funciones de transmitancia térmica (tabla 5), inercia térmica y permeabilidad, de acuerdo a la zona climática.
- Pisos y cubiertas_ Considerar la capacidad de transmisión térmica (tabla 5) de los materiales de pisos y cubiertas para regular la pérdida o ganancia de calor. Uso de cámaras de ventilación,
- Ventanas y lucernarios_ Considerar la proporción de ventanas y lucernarios de acuerdo a la zona climática, orientación, uso de los espacios, direcciones del viento, que cumplan con la iluminación natural y ventilación.

- Color_ Considerar la calidad de la luz (natural o artificial), y las superficies coloreadas deben evitar los efectos de deslumbramiento.

III Orientación.

Recomienda para las zonas terminas ZT1, ZT2, ZT3 recomienda que las fachadas principales estén orientadas en sentido este y oeste, pues incrementan la ganancia solar directa tanto en la mañana como en la tarde (figura. 21) y (tabla 6).

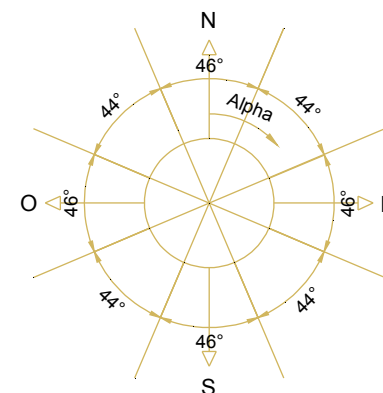


Figura 21. Orientación. Fuente: NEC - 2011, Elaboración: Grupo de Tesis

Tabla 6. Rango de orientación.

Orientación								
Ángulo	$-23 < \alpha < 23$	$23 < \alpha < 67$	$67 < \alpha < 113$	$113 < \alpha < 157$	$157 < \alpha < -157$	$-157 < \alpha < -113$	$-113 < \alpha < -67$	$-67 < \alpha < -23$
Orientación	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste

Fuente: NEC - 2011, Elaboración: Grupo de Tesis

"El concepto de arquitectura bioclimática encierra dos aspectos fundamentales. El ser humano (bio), con las condiciones de confort para el desarrollo de sus actividades; y el clima, que bien utilizado entrega a lo largo del año recursos que son favorables para alcanzar confort en el interior del edificio y a su vez ofrece solicitudes de las cuales la vivienda debe protegerse para este mismo objetivo" (Bustamante, 2009). Partiendo de esto, se hace énfasis en aprovechar los recursos climáticos mediante la utilización de criterios de diseño arquitectónico y varias estrategias de la arquitectura bioclimática (figura 20); sin embargo el presente estudio se fundamenta en los aspectos formales de diseño, por lo cual se orienta hacia las variaciones formales de diseño que influyen en la eficiencia energética y el confort.

A continuación se describen varias estrategias de diseño que se enfocan en aspectos formales, y en parámetros que influyen sobre la forma:

2.5.1 Estrategias de diseño arquitectónico

I. Orientación de la vivienda.

Teniendo en consideración el criterio poseer el máximo acercamiento del sol, la edificación será orientada según los requerimientos de ganancia y protección solar; para nuestra zona térmica ZT3 se sugiere que las fachadas principales estén orientadas en sentido este y oeste pues potencian la ganancia solar en la mañana o en la tarde (figura 22) (NEC, 2010).

II. Captación y protección solar.

La captación solar se efectúa mediante los componentes de la envolvente, generalmente por elementos de vidrio; las características de los componentes de la envolvente y la cantidad de sombra a la que está expuesta la vivienda definen el nivel de calor captado y la manera en la que se transmite al interior (figura 23). La protección solar se la puede incluir en el diseño de la vivienda o puede ser adecuada mediante elementos que estén fuera de este (Bustamante, 2009).

2.5 ESTRATEGIAS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y EL CONFORT

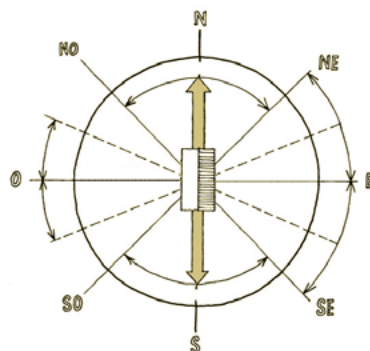


Figura 22. Diagrama de recomendación de orientación. Fuente: Guía para la eficiencia energética en la vivienda social (2009).

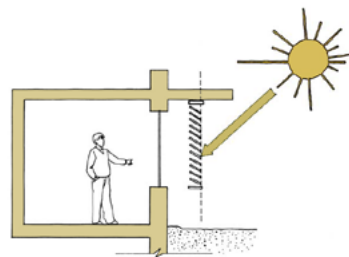


Figura 23. Protección solar vertical para orientación oriente y poniente de ventanas. Fuente: Guía para la eficiencia energética en la vivienda social (2009).

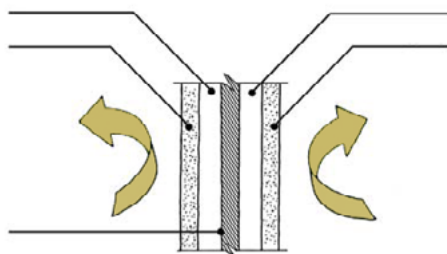


Figura 24. Transmitancia térmica. Fuente: Guía para la eficiencia energética en la vivienda social (2009)

III. Transmisión de calor.

Se acotan valores extremos de transmitancia térmica en componentes opacos de la vivienda, esto ha generado un efecto positivo en el comportamiento térmico de viviendas. El comportamiento térmico del envoltorio será superior en la proporción que el valor U de la transmitancia térmica sea menor (figura 24) (Bustamante, 2009).

IV. Infiltraciones.

Estas se producen por el aire que se transporta a través de aberturas de la envoltorio (muros, ventanas, puertas, techos) de manera no intencionada debido a diferencias entre las presiones de aire tanto y interior como exterior de la vivienda y que a vez dependen del viento o del efecto chimenea o de los sistemas de ventilación (figura 25) (INER et al., 2015).

Las pérdidas de calor en especial para climas fríos, establece que la condición de la envoltorio debe ser hermética, compacta y bien aislada, con el objetivo de retener ganancias internas, para ello

es de suma importancia que se limite en lo posible el contacto con el aire exterior, sellando efectivamente las fisuras o aberturas que se puedan presentar en la piel de la vivienda, protegiendo la superficie expuesta mediante vegetación, cerramientos o estructuras exteriores, pero también las infiltraciones se pueden disminuir mejorando la calidad de la envolvente, así como con procesos constructivos adecuados y la utilización de elementos que maximicen el sellado de la edificación (INER et al., 2015).

IV. Iluminación natural y artificial.

La iluminación natural es posible gracias a las siguientes opciones: captar la cantidad apropiada de luz natural al interior, preservar el exceso de luz natural y focalizar la intensidad de la iluminación en lugares específicos (figura 26). La iluminación artificial debe cumplir únicamente con los requerimientos de iluminación en horas de la noche y complementar la iluminación natural cuando sea necesario (figura 27) (Bustamante, 2009).

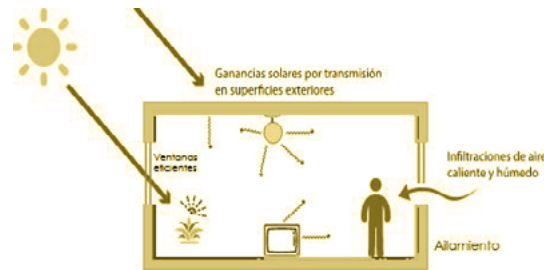


Figura 25. Diagrama infiltración de aire. Fuente: Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas (2015)

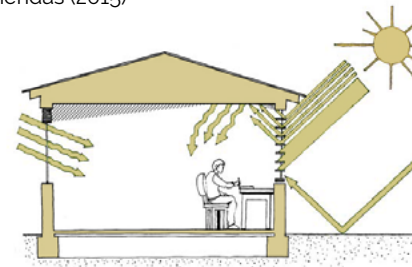


Figura 26. Operaciones a considerar para el diseño de una estrategia de iluminación natural. Fuente: Guía para la eficiencia energética en la vivienda social (2009).

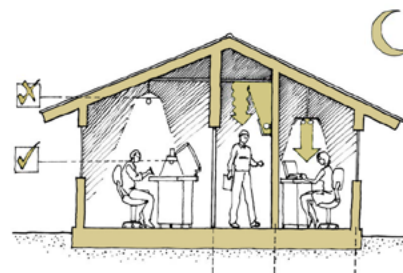


Figura 27. Estrategias de iluminación artificial, directa o indirecta. Fuente: Guía para la eficiencia energética en la vivienda social (2009).

2.5.2 Estrategias de forma: (Serra & Coch, 1995)

- **Compacidad.**- A mayor compacidad menor es el contacto con las condiciones exteriores, es decir, por un lado menor captación de radiación y por otra menor pérdida de energía. Para una forma cuadrada se dificulta la iluminación natural al centro, pero una forma alargada facilita la misma iluminación central (figura 28).

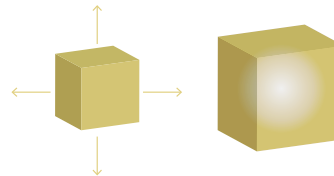


Figura 28. Esquema de compactación. Elaboración: Grupo de Tesis.

- **Porosidad.**- A mayor porosidad, mayor proporción de patios y mejor iluminación de los espacios; los patios verticales afectan a las plantas superiores y en el caso de patios horizontales se verán afectadas las fachadas. Así también un alto grado de porosidad implica más superficies de intercambio con el exterior. Esto dificulta el aislamiento de las condiciones externas, pero a su vez

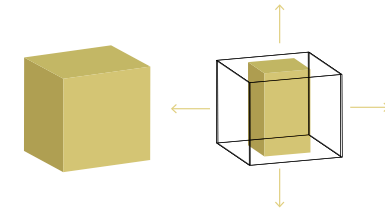


Figura 29. Esquema de porosidad. Elaboración: Grupo de Tesis.

facilita la ventilación de zonas interiores, ofreciendo la capacidad de crear espacios intermedios con microclimas propios (figura 29).

- **Esbeltez.**- A una mayor esbeltez, la superficie por planta es más pequeña, lo que indica que habría menos espacios centrales difíciles de iluminar, pero incrementa la altura, sin embargo las plantas superiores tienen menores inconvenientes de que los edificios vecinos les produzcan sombras (figura 30).

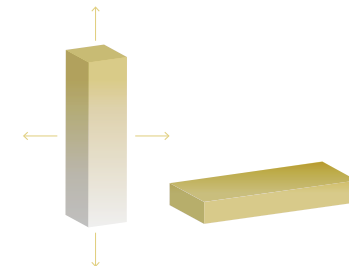


Figura 30. Esquema de esbeltez. Elaboración: Grupo de Tesis.



En Ecuador el sector residencial ocupa el tercer lugar por consumo energético con el 12.8% después del transporte e industria (BEN, 2015). La tendencia indica que esto no variará en los próximos años, por causas de los subsidios tanto a la electricidad como al GPL. Esto ocasiona que los proyectistas y constructores economicen en la planificación inicial y luego de finalizada la obra se ajustan los niveles de confort con la implementación de aparatos eléctricos que elevan el gasto energético de las viviendas. (NEC, 2011)

Los principales productos energéticos consumidos en el sector residencial son: el GPL con el (53%), la electricidad con el (33%) y el resto por leña (BEN, 2015), esta información es de gran relevancia, porque tal uso está destinado a solventar necesidades en las que se orienta esta investigación como la calefacción e iluminación.

A nivel nacional, tanto la eficiencia energética como el confort ambiental son abordados en la norma INEN - 2009 y en la NEC - 2011, donde se exponen los criterios de: aislación térmica, factor

forma, eficiencia en iluminación y energía. Sin embargo, faltan reglamentos que regule el uso energético y exija condiciones de confort y habitabilidad (INER et al., 2015).

A nivel local se ha producido una reducción media anual de la intensidad energética del 2.3%, la cual relaciona la cantidad de energía requerida para una unidad de producto interno bruto (PIB). Reducción dada por el uso de productos con tecnologías mejoradas en demanda eléctrica y a las buenas prácticas de ahorro energético en las viviendas (Barragán & Ochoa, 2014).

2.6.1 Demanda y consumo de energía eléctrica

Las fuentes de generación de energía eléctrica en el país provienen de distintos recursos energéticos, divididos en: renovable y no renovable, (Arízaga, 2015) con una potencia nominal en generación equivalente al 56.41% y 43.59% respectivamente. Siendo la hidráulica la de mayor producción en cuanto a energía

2.6 EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONFORT AMBIENTAL EN CUENCA

renovable con el 54,05% seguido de la térmica con el 24,38% esta última del tipo no renovable, (ARCONEL, 2016). Ubicando al sector residencial como el responsable del 54,76% del consumo de energía eléctrica BEN (2015).

En Cuenca, el sector residencial es el que más consume energía eléctrica, con un porcentaje del 40.04%, seguido del industrial con el 29.47%, el comercial con el 15.53%, el público 8.77% y otros con el 6.18% (Centrosur, 2016). Donde el consumo promedio de energía eléctrica por vivienda en la zona urbana está alrededor de los 243,7 kWh (INEC, 2016). Detectando en la "Curva de Carga" del sector residencial (figura 26), que el máximo consumo en el día se produce en dos picos el primero entre 18h00 y 20H00 derivado básicamente por el consumo de iluminación y radio / TV, y el segundo pico entre las 07h00 y 8h00 debido a la los grupos de iluminación, preparación de alimentos y calentamiento de agua. (Arízaga, 2015)

Durante estas horas pico se determinaron que los usos finales de

energía están marcados por cinco sistemas, entre ellos encontramos el de iluminación con un 12% de representatividad (figura 31) (Martínez, 2010). Un valor considerable que nos indica que las viviendas están realizando un gasto innecesario de electricidad. Cabe recalcar que Cuenca es la ciudad con la cuota eléctrica más alta del país con un valor mensual de \$22,42.



Figura 31. Demanda diaria de energía eléctrica. Fuente Eficiencia del Consumo Eléctrico en el ector residencial urbano de Cuenca Elaboración: Grupo de Tesis

I. Eficiencia en Energía Eléctrica.

Podemos encontrar un vasto número de posibilidades para ahorrar



energía eléctrica desde las más obvias soluciones, hasta avanzadas tecnologías de conversión energética, todo depende del ingenio y conocimiento de los principios. Pero durante esta identificación de oportunidades es importante concentrarse en las medidas no costosas, como son la reducción de servicios de alumbrado y climatización hasta los niveles recomendados (Arízaga, 2015).

A nivel nacional el 86,07% de los hogares usan focos ahorradores, con un porcentaje del 83,2% para las áreas urbanas y un 70,8% en las áreas rurales, entre las prácticas comunes de ahorro el 96,77% apaga las luces al salir de una habitación, un 93,22% evita introducir alimentos calientes en el refrigerador y el 87,73% abre las cortinas y persianas para aprovechar la luz del día (INEC, 2017).

En Cuenca el 96,07% de los hogares usan focos ahorradores, y entre las prácticas comunes para el ahorro de electricidad, un 97,86% apagan la luz al salir de una habitación, mientras que el 92,5% abre las cortinas para

aprovechar la luz del día. ("Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas." M.C.C.S.V.).

2.6.2 Confort Ambiental

Cuenca es una ciudad favorecida, su ubicación en medio de un valle, a una altura de 2500 msnm le permite tener un clima templado con una temperatura promedio de 15°, sin presentar temperaturas extremas a lo largo del año. (Baquero, 2013) En consecuencia las viviendas no tienen la necesidad de sistemas de climatización mecanizada o especializada (Baquero & Quesada, 2016). Cabe recalcar que Cuenca se encuentra en un nivel verde por emisiones de carbono según ICES (BID, 2014).

I. Percepción confort térmico.

En Cuenca, en cuanto a la percepción térmica el 65% de la muestra considera que su vivienda es confortable, es decir, ni calurosa ni fría (figura 32a). Sin embargo en cuanto a sistemas de climatización se evidenció que un 2% si utiliza un sistema

de calefacción. De estos el 80% utiliza calefactores eléctricos portátiles y el 20% calefactores a gas, especialmente entre los meses de julio, agosto y diciembre. Y otro grupo equivalente al 13% creen que necesitan calefacción en su vivienda. (Baquero & Quesada, 2016)

II. Percepción confort lumínico.

En cuanto a iluminación el 41% (figura 32b) considera que cada uno de los ambientes de su vivienda, se encuentra adecuadamente iluminadas por la luz del día; aunque, en el mismo sondeo se

especifica que el 33% necesita encender la iluminación artificial en la mañana (Baquero & Quesada, 2016)

Con lo mencionando, se evidencia que existe una deficiencia en las viviendas de la ciudad Cuenca, pues hay un porcentaje considerable de insatisfacción en los usuarios por cuanto a aspectos de iluminación y temperatura interior, que pudieran ser mejorados considerando estrategias arquitectónicas como en orientación o sobre la forma como plantea el presente estudio.

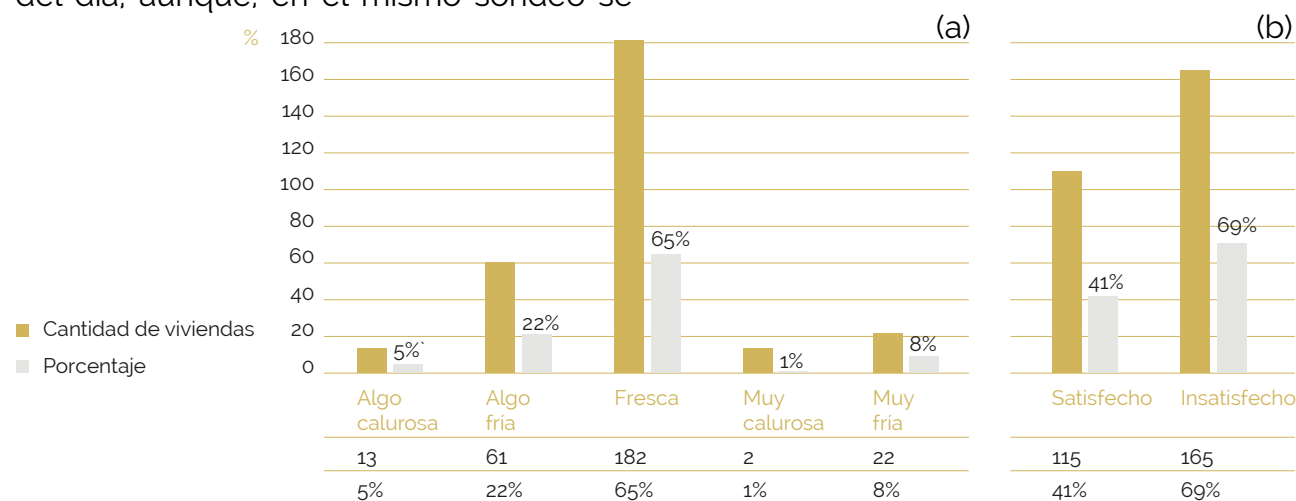


Figura 32. Percepción de temperatura (a) y de iluminación (b). Fuente: "Métodos de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas." M.C.C.S.V. Elaboración: Grupo de Tesis

2.7.1 Clima

Al clima lo podemos definir como al conglomerado de condiciones atmosféricas, restringidas a un sector específico y con una gama temporal apta para ser geográficamente representativa; de acuerdo con la descripción de climatología, se ha incluido la idea de conjunto debido a que el clima depende de varios elementos en común y no de uno solo (Martínez de Osés, 2006). Además el clima obedece a condiciones meteorológicas conocidas como parámetros elementales, a la radiación solar, la temperatura del

aire, la humedad y del viento, estos son reguladores de la naturaleza y por tanto si alguno de ellos varía, tendrá repercusión en el medioambiente (Serra, 1999).

A continuación se apuntan datos generales descriptivos de la realidad geográfica del área de estudio, que nos sirven para conocer mejor el territorio de estudio y para contextualizar la investigación. Muchos de los datos que se incluyen corresponden a todo el Cantón (figura 33); sin embargo, también se puntualizan los datos referentes al área urbana específicamente.

2.7 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE CUENCA



Figura 33. Clima en Cuenca. Fuente: www.ecostravel.com

2.7.2 Temperatura

La temperatura del aire obedece especialmente a la radiación solar, la temperatura manifiesta la cantidad de energía que se reúne en la superficie y que es transferida a otra superficie de temperatura menor a través de la velocidad del aire. A medida que se incrementa la latitud, en la atmósfera se encuentran una menor cantidad de partículas en suspensión con lo cual disminuye el impacto de la radiación del sol sobre la temperatura (D'Alençon & Kramm, 2008).

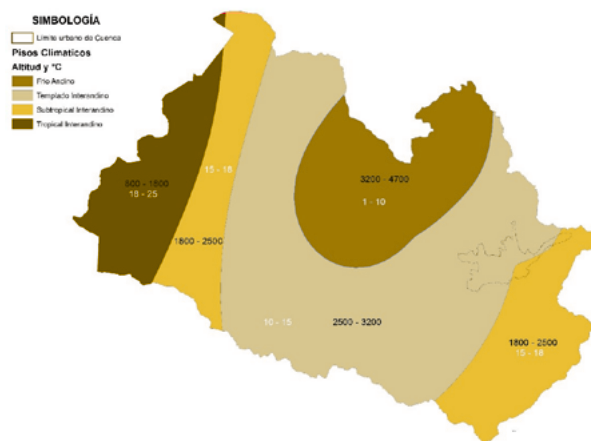


Figura 34. Mapa cantonal de pisos climáticos, rangos de temperatura y altitud. Fuente: Cartografía base de la Municipalidad de Cuenca. Elaboración: Equipo de investigación M.C.C.S.V.

De acuerdo a la clasificación del clima incluido en el Atlas Geográfico del Ecuador del año 2013, en el cantón Cuenca (figura 34-35) están presentes los siguientes pisos climáticos:

- Frío andino: Rango de altitud 3200 – 4700 m.s.n.m, y rango de temperatura 1 – 10°C
- Templado Interandino: Rango de altitud 2500 – 3200 m.s.n.m, y rango de temperatura 10 – 15°C
- Subtropical Interandino: Rango de altitud 1800 – 2500 m.s.n.m, y rango de temperatura 15 – 18°C
- Tropical Interandino: Rango de altitud

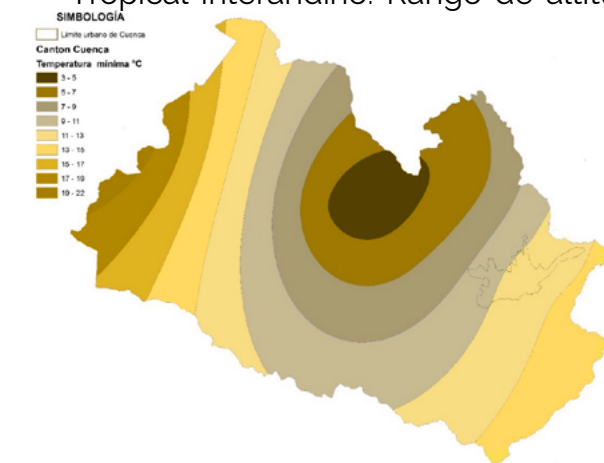


Figura 35. Mapa cantonal de temperatura mínima. Fuente: Cartografía base de la Municipalidad de Cuenca. Elaboración: Equipo de investigación M.C.C.S.V.

800 - 1800 m.s.n.m, y rango de temperatura 18 - 25°C

El piso climático templado interandino representa el 46% de la superficie del Cantón, y a su vez cubre casi toda el área urbana de Cuenca (figura 34), a excepción de la zona sureste que corresponde al subtropical interandino. Concretamente en el área urbana el rango de temperatura mínima varía entre 9 y 13°C (figura 35); y la temperatura promedio varía entre 11 a 17°C (figura 36). No encontrándose cambios térmicos extremos (Equipo de Investigación M.C.C.S.V.).

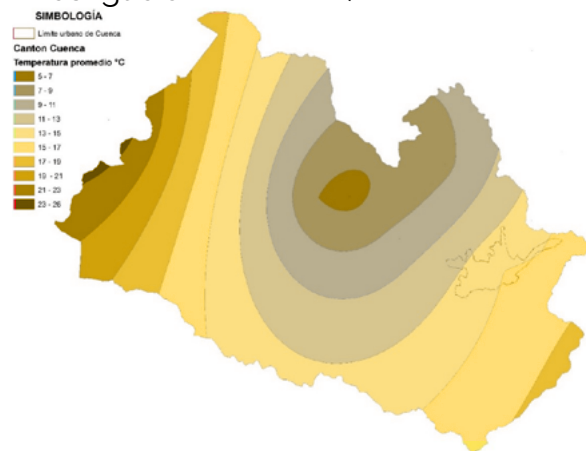


Figura 36. Mapa cantonal de temperatura promedio. Fuente: Cartografía base de la Municipalidad de Cuenca. Elaboración: Equipo de investigación M.C.C.S.V.

El INHAMI, ha dividido al país en 12 zonas climáticas y que para efecto de la NEC (2011) se la agruparon en 6 zonas, entendiendo que estos pueden estar sujetos a variaciones debido a factores como altitud, vientos, topografía, emplazamiento en ciudades y proximidad de masas de agua, que en su defecto pueden crear microclimas. En la (tabla 7) a continuación se exponen las variaciones de temperatura según la Zona climática. De acuerdo a esos rangos de temperatura a la área urbana de Cuenca le correspondería la Z3.

Tabla 7. Rangos de temperatura de acuerdo a las zonas climáticas.

Zona Climática	Rango de Temperatura
Z1	6 - 10 C°
Z2	10 - 14 C°
Z3	14 - 18 C°
Z4	18 - 22 C°
Z5	22 - 25 C°
Z6	25 - 27 C°

Fuente: Tabla de la NEC_11, según el mapa de INHAMI. Elaboración: Grupo de Tesis

2.7.3 Precipitaciones

Se generan por un incremento de humedad en suspensión hasta el momento de descender por gravedad, se forman por convección de masas de aire, producida por su carga de humedad y barreras geográficas. Su unidad base está dada por: litro por metro cuadrado (l/m²) generalmente mencionado en mm, puesto que se refiere a un litro de precipitación en una superficie de un metro cuadrado y alcanza una altura de 1 mm, (D'Alençon & Kramm, 2008).

Las precipitaciones promedio anual en el área urbana de Cuenca varían entre 800 y 1000 mm/m² (figura 37). Aunque llueve periódicamente durante todo el año, las precipitaciones se hacen presentes con mayor intensidad en dos periodos del año, el primero y más importante de ellos se da en el lapso de febrero a mayo, con un promedio de 101.13 mm/m²; y el segundo a partir de octubre a diciembre con un promedio de 87.7 mm/m².

Durante el periodo junio - septiembre las precipitaciones disminuyen a un promedio de 35.98 mm/m². Los meses de mayor nubosidad son los mismos que presentan mayores precipitaciones y la humedad relativa promedio es del 66%. (Equipo de investigación M.C.C.S.V.)

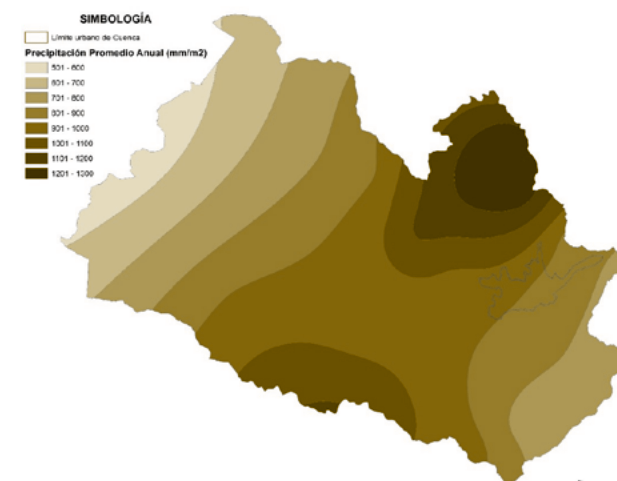


Figura 37. Mapa precipitaciones. Fuente: Cartografía base de la Municipalidad de Cuenca, Elaboración: Equipo de Investigación M.C.C.S.V.

2.7.4 Radiación solar

La radiación solar la podemos dividir en tres tipos dependiendo de cómo los objetos la perciben:

- Radiación directa: la que proviene del sol de forma directa.
- Radiación difusa: la que procede de la atmosfera por la dispersión de la radiación solar en sí misma.
- Radiación reflejada: es aquella q se refleja de la superficie de la tierra.

En Cuenca el nivel de radiación promedio diario, datos para el año 2014, fué de $15,367 \text{ MJ m}^{-2} \text{ Día}^{-1}$ (figura 38), con una presencia de mayor radiación en la estación de Molleturo, siendo esta la que se encuentra a mayor altura, mientras que la estación Chaucha ubicada en el punto mas bajo tiene menor amplitud de radiación solar global. (G. Delgado & M. Orellana, 2015)

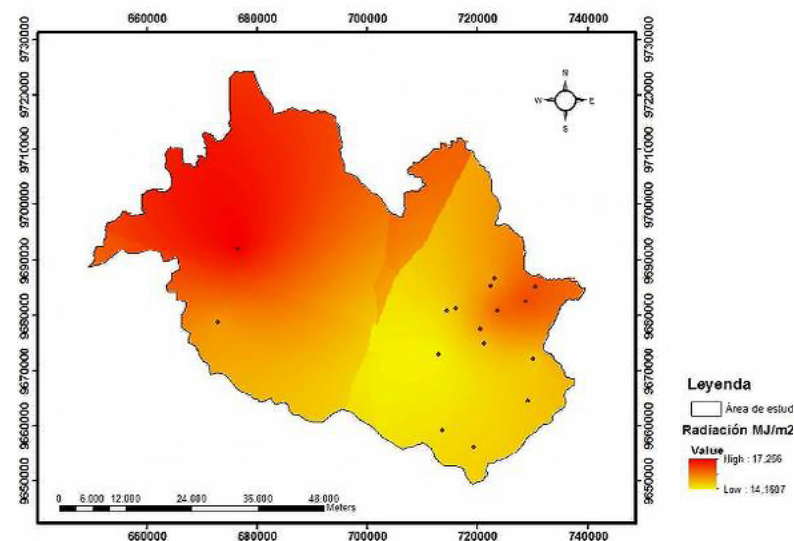


Figura 38. Mapa de radiación global real promedio diario anual del cantón. Fuente: Estimación de la radiación solar global diaria en el cantón Cuenca mediante el modelo Bristow y Campbell. Elaboración: G. Delgado, M. Orellana

2.7.5 Viento

Es el resultado de las diferencias de presión atmosférica provocadas por varios factores climáticos, en especial a la distribución de radiación solar de forma desigual, siendo el mayor sobre la superficie terrestre que sobre la oceánica. Los parámetros del viento que se pueden medir son la dirección y su velocidad, representada en un sistema de coordenadas polares o también llamada rosa de los vientos (D'Alençon & Kramm, 2008).

Los vientos en Cuenca vienen en dirección noroeste a una velocidad promedio de 5kmts (figura 39), con una

mayor probabilidad de hasta el 9% entre los meses de julio, agosto y septiembre, y una menor probabilidad del 3% en los meses de abril y mayo (tabla8), (Windfinder, 2018)

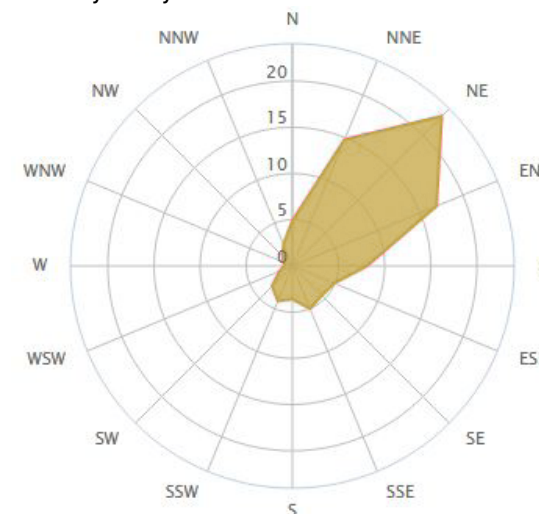


Figura 39. Distribución de la dirección del viento. Fuente: Estación Meteorológica Marical Lamar. Elaboración: Winfinder

Tabla 8. Estadísticas del viento, de las olas y del tiempo de Cuenca.

Mes del año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Año
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Dirección del viento dominante	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
Probabilidad de viento >= 4 Beaufort (%)	4	4	5	3	3	6	9	9	9	5	6	7	5
Velocidad media del viento (kts)	5	5	4	4	5	5	6	5	5	5	4	5	4
Temperatura media del aire (°C)	17	17	17	16	17	16	15	16	16	17	18	17	16

Fuente: Estación Meteorológica Marical Lamar. Elaboración: Winfinder.

2.7.6 Humedad relativa

El aire atmosférico abarca una cuantía considerable de vapor de agua, en cantidades que varían según la altura y la temperatura. A una temperatura mayor el aire es capaz de retener una cantidad superior de vapor de agua, lo que nos da el concepto de humedad relativa, que se menciona en porcentaje a la relación entre la cuantía de vapor de agua contenida en el aire a tal temperatura y la mayor cantidad de vapor de agua que el aire puede abarcar a la dicha temperatura (figura 40) (D'Alençon & Kramm, 2008).

La Humedad Relativa en Cuenca, media anual es de 84%, con un punto de Rocío de 12,1°C promedio anual, con una tensión de vapor media anual de 14,2 hPa (tabla 9) (INAMHI, 2014).



Figura 40. Humedad relativa. Tomado de: <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/wp-content/uploads/2017/02/humedad-relativa-1024x677.jpg>

Tabla 9. Humedad Relativa Cuenca.

	HUMEDAD RELATIVA (%)					PUNTO DE ROCÍO (°C)
	Máxima	día	Mínima	día	Media	
ENERO	98	9	52	1	81	11.9
FEBRERO	98	3	55	19	83	12.5
MARZO	98	6	39	10	79	11.7
ABRIL	98	5	53	11	84	12.4
MAYO	98	6	59	17	87	12.1
JUNIO	98	1	56	7	86	12.1
JULIO					88	11.5
AGOSTO	98	1	50	25	83	11.1
SEPTIEMBRE	98	2	62	7	86	11.3
OCTUBRE					80	11.9
NOVIEMBRE	98	2	63	18	85	12.9
DICIEMBRE	98	4	49	30	88	13.3
VALOR ANUAL					84	12.1

Fuente: Anuario Metereológico 2014. Elaboración: INAMHI

2.8 CONCLUSIONES

La demanda energética a nivel mundial evidencia un crecimiento progresivo, lo cual hace necesario cambiar los lineamientos en el uso de la energía en todos los campos, en las edificaciones, la forma incide en la calidad ambiental, debido a que una morfología simple sin intrincaciones puede influir en un menor o mayor gasto energético respectivamente.

El sector residencial es uno de los mayores consumidores de energía de acuerdo a las estadísticas, haciéndose pertinente proponer pautas para el manejo eficiente de la energía. En Cuenca los antecedentes dicen, que el sector residencial presenta una mayor demanda energética respecto a los demás sectores, componiéndose en su mayoría por viviendas unifamiliares, (estadística detallada en características de viviendas, cap 3). Para el residencial se estima un gasto, el cual estima un gasto energético superior al promedio de latinoamérica, a más de ser la ciudad con la tasa de pago mensual más alta a nivel nacional de energía eléctrica. Si bien más de la mitad de los habitantes (65%) perciben su hogar confortable, existe un (13%)

que cree que si necesita un sistema de calefacción, que le permita mantenerse dentro de los estándares de confort. En cuanto a iluminación casi todos utilizan focos ahorradores y mantienen hábitos de ahorro energético, sin embargo una tercera necesita prender la iluminación artificial a pesar de tener la luz del día.

Por otro lado los vacíos dentro de la normativa nacional NEC y estadísticas INEC, no contienen indicadores relevantes sobre la incidencia de la forma en la eficiencia energética, necesarios para evaluar el comportamiento de los parámetros formales en una vivienda y determinar su grado de efectividad.

Debido a eso nuestra investigación pretende encontrar valores y porcentajes comparables, en base a los parámetros de diseño y tipología, que nos permitan establecer promedios de gasto energético producto de la influencia formal e indicar la viabilidad de las estrategias formales propuestas en los manuales de eficiencia energética, para la realidad de nuestra ciudad.



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO





CAPÍ- 3 TULO

S I M U L A C I O N E S
&
R E S U L T A D O S

C O N T E N I D O S »

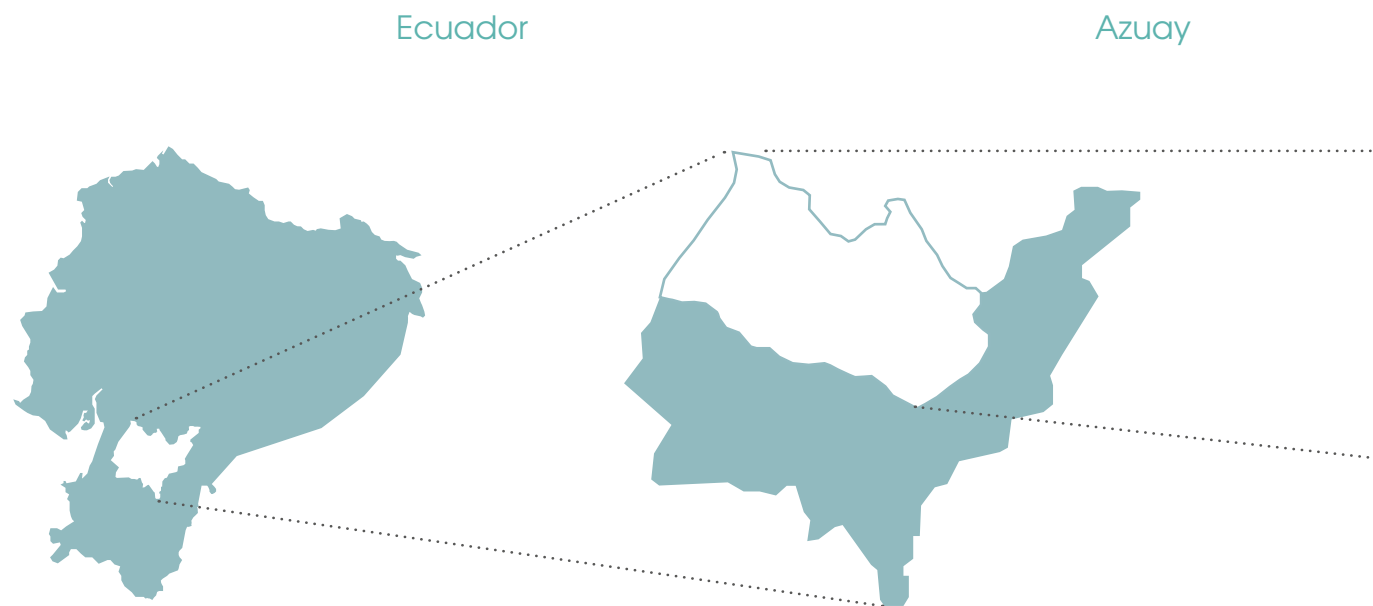
- 3.1 ÁREA DE ESTUDIO.
- 3.2 DETERMINACIÓN DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR REPRESENTATIVA.
- 3.3 ESTUDIO DE VARIACIONES FORMALES SOBRE LA VIVIENDA REPRESENTATIVA DE LA ZONA URBANA DE CUENCA
- 3.4 ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO, DE CONFORT Y FACTOR DE VARIACIÓN.
- 3.5 VALIDACIÓN: APLICACIÓN DE LA FORMA ÓPTIMA A LOS CASOS DE ESTUDIO.

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación de la Muestra

Se sitúa en el Cantón Cuenca perteneciente a la Provincia del Azuay, ubicada en la zona austral del Ecuador (figura 41). A una latitud y longitud de 2°53'12"S y 79°09' W, respectivamente, y a una altitud de 2415m.s.n.m. Se subdivide en 22 unidades administrativas: una

corresponde al área urbana de Cuenca, capital del cantón, y 21 parroquias rurales con sus respectivas cabeceras urbanas: Baños, Chaucha, Checa, Chiquintad, Cumbe, El Valle, Llacao, Molleturo, Nulti, Octavio Cordero Palacios, Paccha, Quingeo, Ricaurte, San Joaquín, Santa Ana, Sayausí, Sidcay, Sinincay, Tarqui, Turi y Victoria del Portete. El área urbana está



ESCALA
PAIS-PROVINCIA

ESCALA
PROVINCIA-CANTON

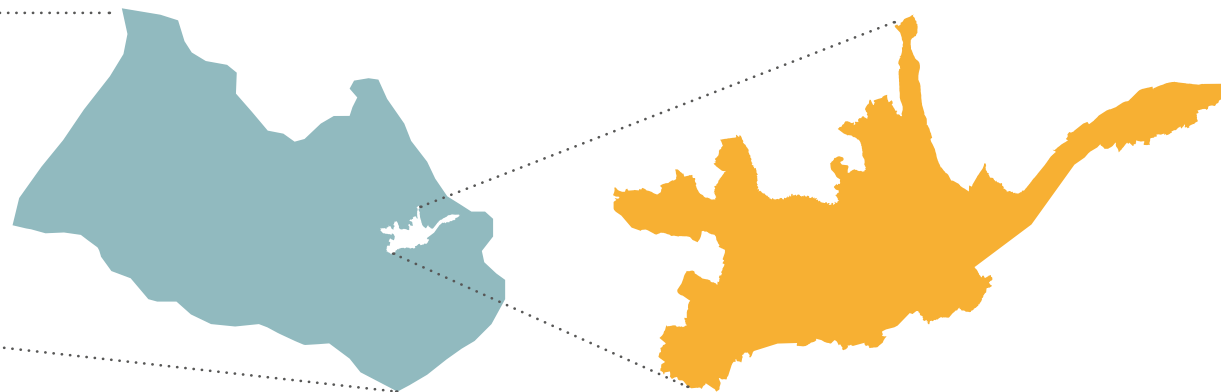
conformada por 15 parroquias: Bellavista, Cañaribamaba, El Batán, El Sagrario, El Vecino, Gil Ramírez Dávalos, Hermano Miguel, Huayna-Cápac, Machángara, Monay, San Blas, San Sebastián, Sucre, Totoracocha y Yanuncay.

La población de las parroquias urbanas del Cantón Cuenca es de 331.888

habitantes según el censo del 2010 (INEC, 2011). Actualmente se encuentra en los 603.209 (INEC, 2017), correspondiente a un porcentaje del 65,64%, lo cual indica que más de la mitad de la población habita en el área urbana, con una densidad bruta de 47 hab/ha.

Cuenca

Cuenca



ESCALA
CANTON-PARROQUIAS

ESCALA
AREA URBANA

Figura 41. Ubicación de la muestra. Fuente: Elaboración Grupo de tesis.

3.2 DETERMINACIÓN DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR REPRESENTATIVA DE CUENCA

Para ello se recopila información de varias fuentes tomadas en orden de importancia como son: datos estadísticos para la Ciudad de Cuenca, presentados en el INEC – 2010 (la mayor base de datos compila); datos estadísticos provenientes del proyecto de investigación: "Método de certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas" de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca; la normativa nacional; INEN 2506:2009, INEN 1-152, NEC- 11; y los casos de estudio correspondiente a 6 viviendas que también forman parte del proyecto de investigación: "Método de certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas" (MCCSV), de los cuales se obtiene la información arquitectónica. Las características de las viviendas se dividen en seis grupos: 1^{ro}, la selección de los casos de estudio según los parámetros de dispersión geográfica y tipología de la edificación 2^{do}, la implantación de viviendas (adoseamientos). 3^{ro}, la forma (configuración, conformación, morfología). 4^{to}, la magnitud de la superficie de construcción (m²). 5^{to}, la altura para las viviendas (# de pisos). Y 6^{to}, la materialidad predominante en la ciudad.

3.2.1 Casos de estudio

a) **Selección de los casos de estudio.** Con el objetivo de conocer la realidad arquitectónica en viviendas se seleccionó 6 casas localizadas en el área urbana de Cuenca. Para determinar la muestra se consideran los siguientes parámetros:

- **Dispersión geográfica.**- se busca que las edificaciones abarquen toda la superficie urbana, teniendo en cuenta los distintos pisos climáticos al interior de la ciudad (figura 42).
- **Tipología de vivienda.**- se analizan únicamente viviendas unifamiliares, por ser las de mayor presencia con un 70% (INEC, 2010), Según estudios como el de Brunsgaard, et al., (2012) señala que con un tamaño de muestra mínimo de 3 viviendas se puede determinar resultados significativos. Por ello esta investigación, para una mayor fiabilidad, selecciona un tamaño de 6 viviendas que además de ser parte del MCCSV presentan diversidad en cuanto a los parámetros formales de altura, extensión, proporción, contigüidad y orientación.

i. Dispersión geográfica -Ubicación-

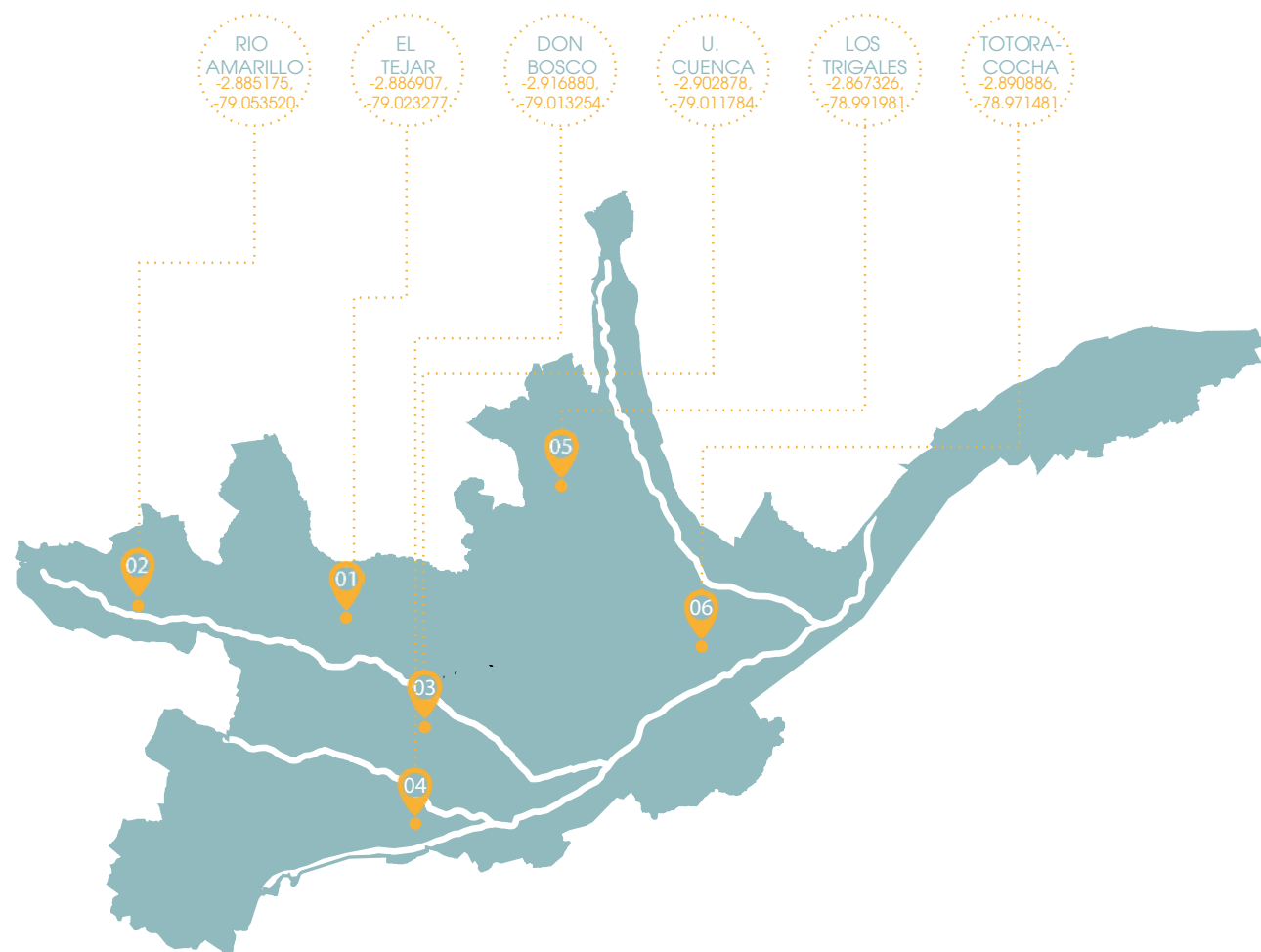


Figura 42. Mapa selección de la muestra. Fuente: Elaboración Grupo de tesis.

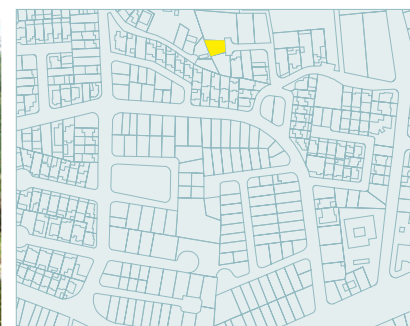
II. Especificación de las edificaciones (Tipología de la edificación)

VIVIENDA_01

FOTOGRAFIA



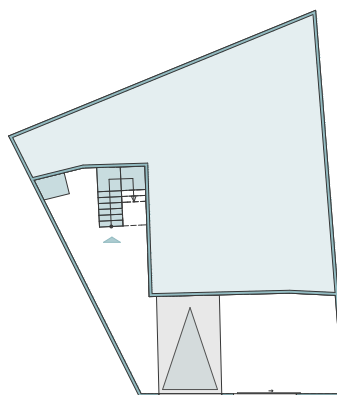
EMPLAZAMIENTO



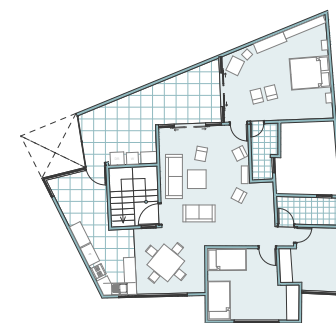
DESCRIPCIÓN

SECTOR: El Tejar
ÁREA TERRENO: 201.67 m²
ÁREA CONSTRUCCIÓN: 346.16 m²
EDAD DE VIVIENDA: -10 años
DE HABITANTES: 4
DE HABITACIONES: 3
MATERIALES PREDOMINANTES:
 • Paredes: Ladrillo Enlucido
 • Pisos: Piso flotante, Cerámica
 • Carpentería: Vidrio, Aluminio, Madera
 • Cubierta: Fibrocemento, teja, vidrio

LEVANTAMIENTO



PLANTA BAJA



LOCALES

- Sala
- Comedor
- Cocina
- Dormitorio Master
- Dormitorio
- Estudio
- Lavandería
- S/Inf

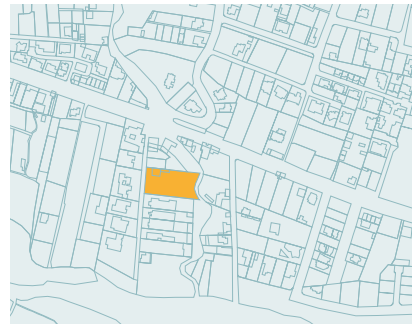
PLANTA ALTA

VIVIENDA_02

FOTOGRAFIA



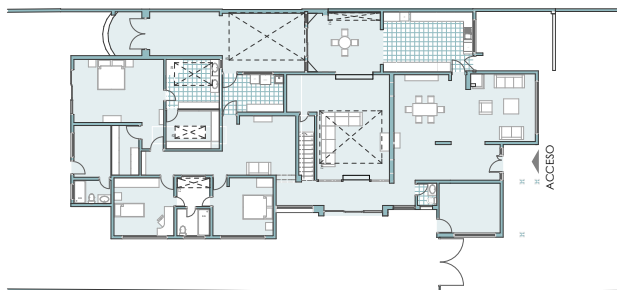
EMPLAZAMIENTO



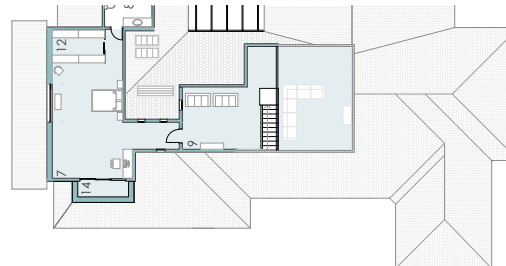
DESCRIPCIÓN

SECTOR: Rio Amarillo
 ÁREA TERRENO: 1248 m²
 ÁREA CONSTRUCCIÓN: 499.73 m²
 EDAD DE VIVIENDA: +10 años
 # DE HABITANTES: 4
 # DE HABITACIONES: 3
 MATERIALES PREDOMINANTES:
 • Paredes: Ladrillo Enlucido
 • Pisos: Piso flotante
 • Carpentería: Vidrio, Alumnio, Madera
 • Cubierta: Madera, teja, cerámica

LEVANTAMIENTO



PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

LOCALES

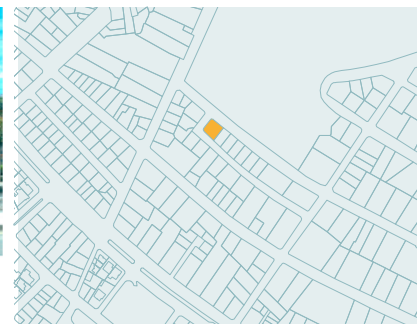
- Sala
- Comedor
- Cocina
- Desayunador
- Sala de estar, principal
- Baño social
- Dormitorio
- Baño completo
- Sala de estar
- Lavandería
- Dormitorio principal
- Vestidor
- Patio interno (cubierto)
- Balcón

VIVIENDA_03

FOTOGRAFIA



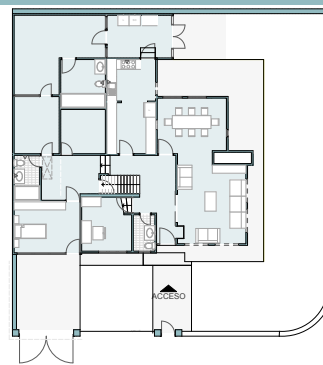
EMPLAZAMIENTO



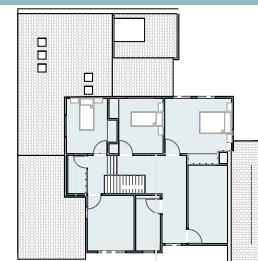
DESCRIPCIÓN

SECTOR: UNIVERSIDAD DE CUENCA
 ÁREA TERRENO: 402.45 m²
 ÁREA CONSTRUCCIÓN: 282.05 m²
 EDAD DE VIVIENDA: +10 años
 # DE HABITANTES: 4
 # DE HABITACIONES: 4
MATERIALES PREDOMINANTES:
 • Paredes: Ladrillo Enlucido
 • Pisos: Madera, Cerámica
 • Carpentería: Vidrio, hierro
 • Cubierta: Madera, teja cerámica

LEVANTAMIENTO



PLANTA BAJA



LOCALES

- Sala
- Comedor
- Cocina
- Cuartos Vacíos
- Dormitorio Master
- Dormitorio
- Estudio
- Lavandería
- Bodega
- S/Inf

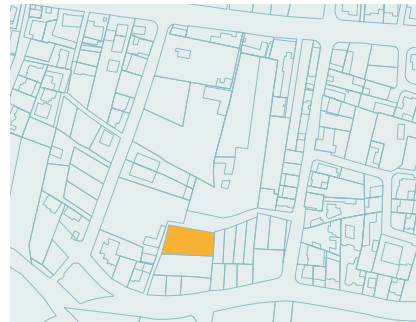
PLANTA ALTA

VIVIENDA_04

FOTOGRAFIA



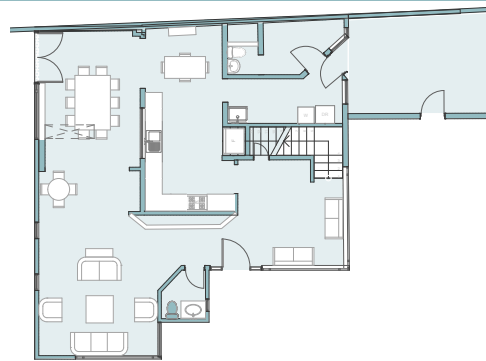
EMPLAZAMIENTO



DESCRIPCIÓN

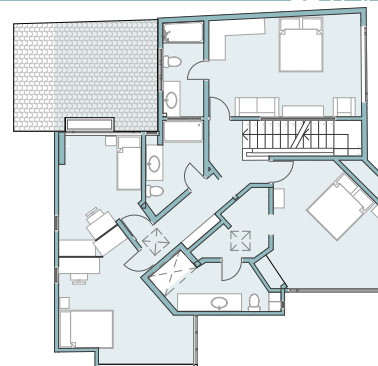
SECTOR: Don Bosco
 ÁREA TERRENO: 657.36 m²
 ÁREA CONSTRUCCIÓN: 323.70 m²
 EDAD DE VIVIENDA: +10 años
 # DE HABITANTES: 3
 # DE HABITACIONES: 4
 MATERIALES PREDOMINANTES:
 • Paredes: Ladrillo visto y enlucido
 • Pisos: Piso flotante, cerámica
 • Carpentería: Vidrio, Madera
 • Cubierta: Acero, teja cerámica

LEVANTAMIENTO



10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

LOCALES

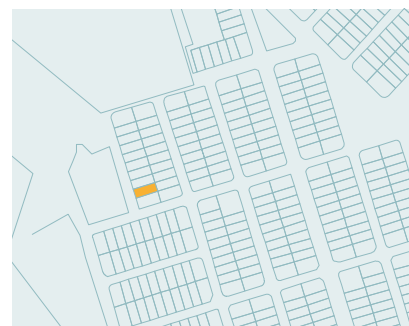
- Sala
- Comedor
- Cocina
- Baño social
- Dormitorio
- Baño completo
- Lavandería
- Dormitorio principal
- Vestidor

VIVIENDA_05

FOTOGRAFIA



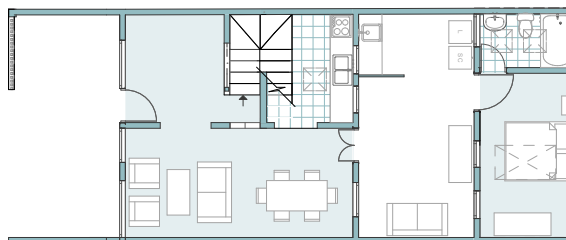
EMPLAZAMIENTO



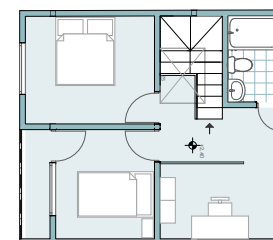
DESCRIPCIÓN

SECTOR:	Los Trigales
ÁREA TERRENO:	93.29 m ²
ÁREA CONSTRUCCIÓN:	100.1 m ²
EDAD DE VIVIENDA:	+10 años
# DE HABITANTES:	3
# DE HABITACIONES:	3
MATERIALES PREDOMINANTES:	
• Paredes:	Ladrillo visto
• Pisos:	Ladrillo, madera
• Carpentería:	Vidrio, aluminio, madera
• Cubierta:	Fibrocemento, acero

LEVANTAMIENTO



PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

LOCALES

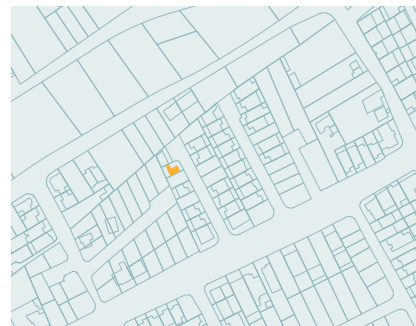
- Sala
- Comedor
- Cocina
- Vestibulo, Sala De Estar
- Dormitorio
- Baño Completo
- Estudio
- Lavanderia
- Balcón
- Patio Interno

VIVIENDA_06

FOTOGRAFIA



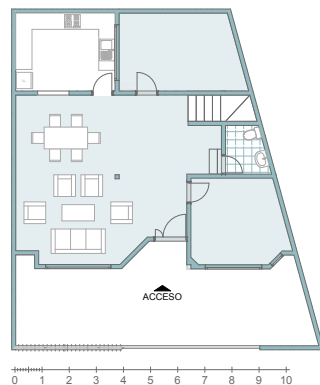
EMPLAZAMIENTO



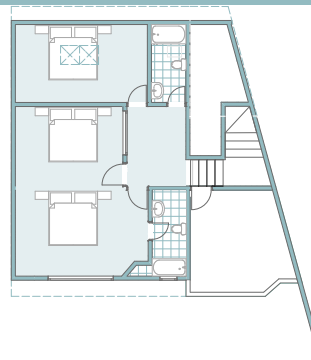
DESCRIPCIÓN

SECTOR: Totoracocha
 ÁREA TERRENO: 123.08 m²
 ÁREA CONSTRUCCIÓN: 165.51 m²
 EDAD DE VIVIENDA: +10 años
 # DE HABITANTES: 5
 # DE HABITACIONES: 3
 MATERIALES PREDOMINANTES:
 • Paredes: Ladrillo Enlucido
 • Pisos: Cerámica
 • Carpentería: Vidrio, aluminio, madera
 • Cubierta: Acero, fibrocemento

LEVANTAMIENTO



PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

LOCALES

- Sala
- Comedor
- Cocina
- Lavandería
- Baño social
- Estudio
- Baño completo
- Dormitorio principal
- Balcón

b) Características de implantación

Según el último censo publicado en Cuenca se encuentran registradas 86.317 viviendas, de las cuales el 70,82% son unifamiliares de propiedad individual (casa/villa). Estas cifras podrían variar debido a la creciente demanda de edificaciones en altura alcanzando un 19,43%. (INEC, 2010)

En Cuenca los tipos de implantación existentes de acuerdo a un informe de características generales donde estima que el 80% son casas adosadas entre

dos viviendas, un 15% son casas aisladas, un 4% departamentos adosados y un 1% son departamentos aislados (con 4 vistas) (Figura 43). Datos sujeto al proyecto de investigación: "Método de certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas" de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca.

Según los casos de estudio (ver esquema de formas de viviendas) se puede observar una clara tendencia hacia el adosamiento continuo (entre dos viviendas), generalmente producto de la normativa sobre los usos de suelos.

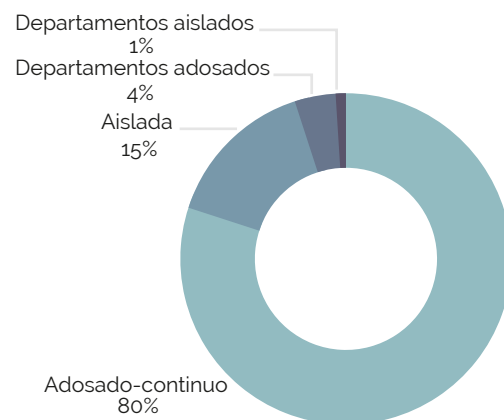


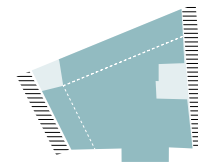
Figura 43. Promedio de Tipologías de vivienda en Cuenca
Fuente: Proyecto de investigación: "Método de certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas"
Elaboración Grupo de tesis.

c) Forma

En los casos de estudio se puede constatar un mayor número de figuras regulares como cuadradas y rectangulares, y en menor medida figuras irregulares en configuraciones quebradas de L, C, o Z. Esta es una tendencia que se mantendría en el resto de la ciudad.

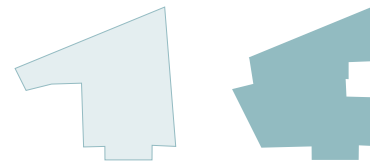
A continuación se presenta el esquema formal de las viviendas y su proceso de abstracción según los criterios de forma (compacidad, porosidad, esbeltéz) empezando con la configuración base, seguido por la conformación hasta definir una morfología básica, con la intención de determinar la tipología promedio para los modelos de estudio, en la cual se asentará el análisis del proyecto, en ceñido apego a las incidencias netamente formales en el desempeño energético y de confort.

ESQUEMA DE FORMAS DE VIVIENDAS

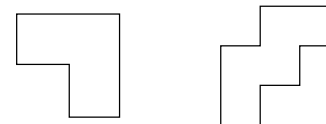


VIV_01

CONFIGURACIÓN BASE

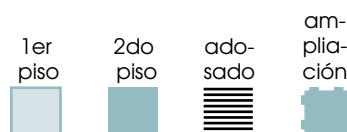


CONFORMACIÓN



MORFOLOGÍA

SIMBOLOGÍA





VIV_02

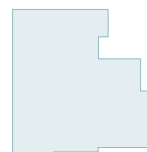
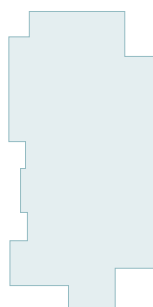


VIV_03

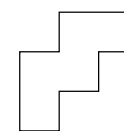
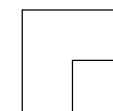
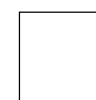
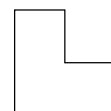
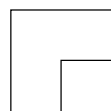


VIV_04

CONFIGURACIÓN BASE

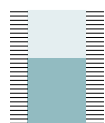


CONFORMACIÓN



MORFOLOGÍA

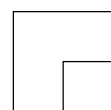




VIV_05



VIV_06



SIMBOLOGÍA



1er
piso



2do
piso



ado-
sado



am-
pli-
ción

d) Magnitud

Respecto al margen de construcción de superficie por vivienda (m²/viv), el INEC para el año 2014 determinó una media de 170m² para Azuay (Figura 44); por otra parte el cantón Cuenca ocupa el 86,6% de la área de construcción urbana de la provincia (INEC 2010), razón por la cual se acogió esta superficie como promedio local.

e) Altura

En cuanto a la altura de viviendas; el

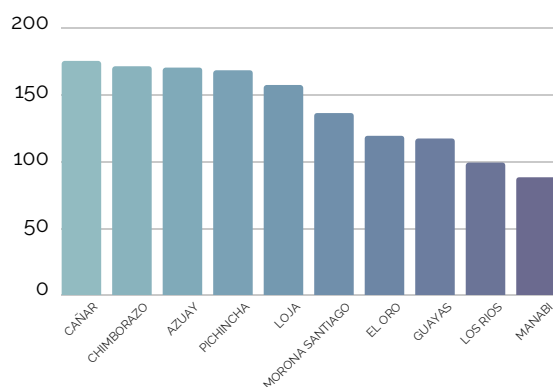


Figura 44. Promedio del área de construcción en el Azuay.
Fuente: INEC, 2010, Elaboración Grupo de tesis.

68,38% son de dos pisos, seguido de las de tres pisos con 16,86%, luego de un piso con 12,55% y por ultimo las de cuatro o más pisos con el 2,21%, (INEC, 2010) definiendo una mayor presencia en la de dos pisos (figura 45). Estas estadísticas mantienen una tendencia afín con los resultados observados en la investigación local, que también colocan a las viviendas de dos plantas en primer lugar con el 96,43%. ("Método de certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas"). Evidenciando una preferencia por las urbanizaciones horizontales que a la larga promueven un desarrollo individual.

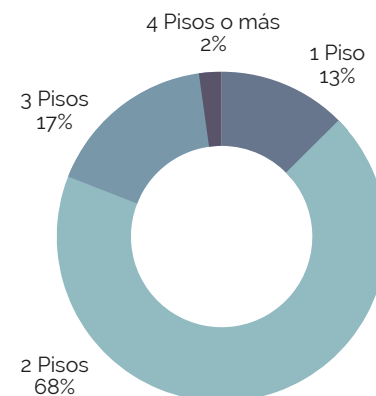
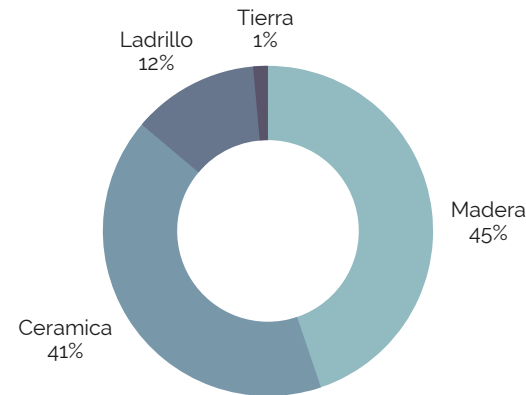


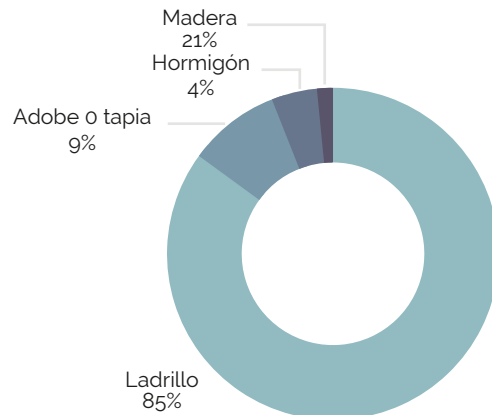
Figura 45. Promedio número de pisos de vivienda en Cuenca
Fuente: Proyecto de investigación: "Método de certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas". Elaboración Grupo de tesis.

f) Materialidad

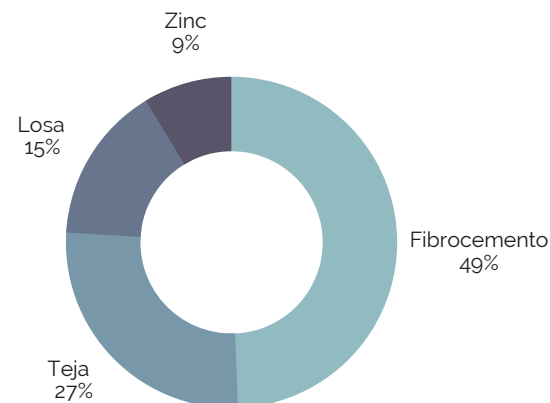
Respecto a los materiales de mayor frecuencia encontramos: para los muros exteriores se ubica un predominio del ladrillo (84,72%); el piso está construido primordialmente con madera (39,14%) y cerámica (36,12%); en la cubierta predomina el asbesto (49,31%) seguido de la teja (26,52%). Según estadísticas de los datos registrados en el último censo publicado por el INEC (figura 46).



PISOS



MUROS EXTERIORES

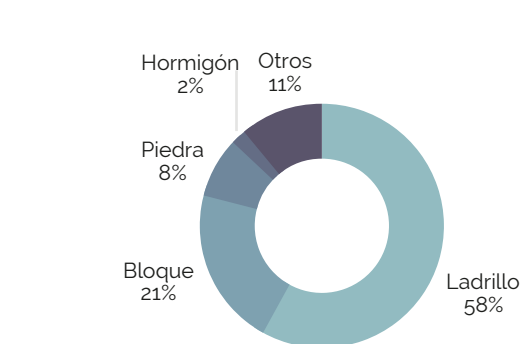


CUBIERTAS

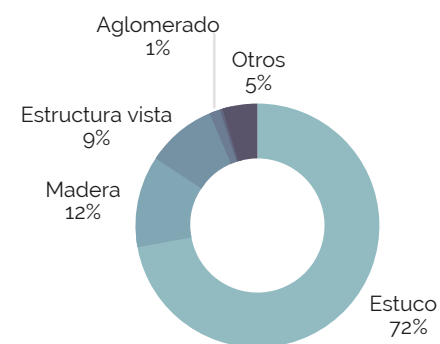
Figura 46. Porcentajes de elementos constructivos de vivienda en Cuenca
Fuente: INEC, 2010 Elaboración Grupo de tesis.

Estos valores son similares a los expuestos en el proyecto de investigación: "Método de certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas". El cual confirma que los muros exteriores son principalmente

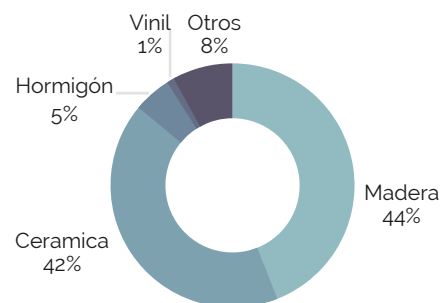
de ladrillo (58%), el piso está construido principalmente con madera (44%) y cerámica (42%), el cielo raso de estuco (72,14%), en la cubierta predomina el asbesto (54%) seguido de la teja (36%) (figura 47). Finalmente, se depuran todos



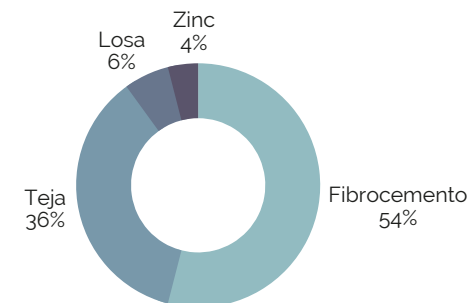
MUROS EXTERIORES



CIELO-RASO



PISOS








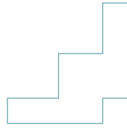





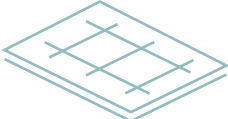
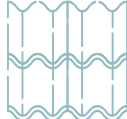
CUBIERTAS

Figura 47. Porcentajes de elementos constructivos. Fuente: proyecto de investigación: "Método de certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas". Elaboración Grupo de tesis.

los datos mencionados y se determina la tipología de vivienda representativa del área urbana de Cuenca, para luego sintetizarla en la tabla 10; en ella se

observan las características significativas sobre la implantación, forma, magnitud, altura, y materialidad, que a posteriori serán procesadas en las simulaciones para el análisis del proyecto.

Tabla 10. Vivienda representativa en Cuenca

Vivienda representativa en cuenca				
Implantación				
	Adosada	Aislada		
Forma				
	Cuadrada	Rectangular	Quebrada	Doble-quebrada
Magnitud				
	Superficie			
Altura				
	1 Piso	2 Pisos		
Materialidad				
	Muro-ladrillo	Piso-madera	Cielo raso-estuco	Cubierta-fibro cemento

Elaboración: Grupo de Tesis

3.2.2 Estandarización de parámetros

La investigación radica en el análisis de los modelos de estudio que obedecen a cuatro parámetros sustanciales sobre la vivienda, estas son: superficie por vivienda, porcentaje de vanos, dimensión de locales interiores y materiales. Dichos modelos de análisis se apoyan en la información obtenida sobre las tipologías representativas de vivienda, de fuentes oficiales (INEN, NEC-11 y del proyecto "Método de certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas"); de ella se extrapolan las características relevantes y de mayor frecuencia, con la intención de integrarlas a los modelos virtuales de manera homogénea, esto implica estandarizar los parámetros de diseño, es decir, establecer las mismas especificaciones arquitectónicas (superficie edificada, materiales, dimensiones y vanos). De esta manera los modelos pueden ser comparables únicamente por las diferencias geométricas; pues el objetivo del proyecto es verificar las incidencias formales de manera técnica con datos que la sustenten, tanto en demanda energética

como de confort. Cabe señalar que la ubicación será implícita para todos los modelos, es decir no obedecerá a ninguna situación topográfica ni de contexto y la orientación estará dictaminada por los cuatro principales ejes (norte, sur, este y oeste). Toda esta estandarización de parámetros permitirá la programación de la base de datos requerido por el software Design Builder para el desarrollo de las simulaciones de energía y confort. A la par se presenta un análisis comparativo sobre las propiedades térmicas de los principales materiales constructivos adoptados en la ciudad (tabla 11), por un lado los especificados por la norma INEN y por el otro los establecidos en el software Design Builder, con el fin de determinar su efectividad respecto a la transmitancia térmica.

Los parámetros de estandarización son:

a) Superficie por vivienda.

Para todas las variaciones se determinó una superficie única de 170 m², que coincide con la media de viviendas unifamiliares de la ciudad.

b) El porcentaje de vanos.

Este porcentaje se consideró de acuerdo a la zona climática; con el 35% para la superficie vertical expuesta como la media entre las distintas orientaciones (NEC 11, 2011). El tamaño de las ventanas es mediano, centradas y colocadas similarmente en cada una de las caras (se despreciaron las puertas por su tenue incidencia).

c) Dimensiones de locales interiores.

La altura interior de los locales es 2.6 m y el área interior se dividió entre los ocho recintos que se encuentran dentro de la vivienda estándar de aproximadamente 21 m² c/u.

d) Materiales.

Los materiales más utilizados en

Tabla 11. Especificación de elementos arquitectónicos, materiales y valores de transmitancia para las simulaciones de vivienda.

Elemento	Material	Espesor mm	Design Builder				INEN 2506			
			Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica W/(m·K)	Calor específico J/(kg·K)	Valor U W/(m ² ·K)	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica W/(m·K)	Calor específico J/(kg·K)	Valor U W/(m ² ·K)
Muros	Larillo artesanal	100	2080	1.31	921	2.88 ✓	1600	0.582	921	3.00
	Revestimiento cemento-arena	20	1860	0.72	840		1900	0.930	1046.7	
Piso	Madera	18	825	0.209	2385	0.87 ✓	700	0.174	1674.72	1.79
	Camara de aire	20	1.3	5.56	1004		1.3	5.560	1004	
	Losa de homigon	100	3800	0.753	656.9		2500	1.861	837.36	
Entrepiso	Estuco	10	640	0.16	1150	0.30 ✓	700	0.233	1046.7	1.61
	Camara de aire	52	1.3	5.56	1004		1.3	5.560	1004	
	Losa de homigon	100	3800	0.753	656.9		2500	1.861	837.36	
	Camara de aire	20	1.3	5.56	1004		1.3	5.560	1004	
	Madera	18	825	0.209	2385		700	0.174	1674.72	
Cielo raso	Estuco	10	640	0.16	1150	4.56 ✓	700	0.233	1046.7	5.47
Cubierta	Plancha de fibrocemento	60	1750	1.02	840	4.79 ✓	1600	0.465	921.096	4.89

Simbología
✓ cumple
✗ no cumple

Fuente: Software Desing Builder e INEN - 2009. Elaboración: Grupo de Tesis

la ciudad son: muros de ladrillo con revestimiento cemento-arena ($U=2.88$); piso de hormigón, cámara de aire y madera ($U= 0.87$); entrepiso conformado por hormigón armado, madera, cámara de aire y cielo raso de estuco ($U=0.30$); cielo raso de estuco ($U=6.11$) y cubierta de fibro-cemento ($U=4.79$). Los valores de las propiedades térmicas de los materiales están especificadas según la base de datos del software DesignBuilder, con el fin de no incurrir en los calculos de simulación y evitar posibles desviaciones en los resultados (tabla 11). En la figura 48 se indica la composición de cada material.

Al comparar el cálculo valorativo de transmitancia térmica de los materiales predominantes, entre la base de datos del software DesignBuilder con los recomendados por las normas INEN 2506-2009, expuestos en la tabla 11 se observa que los valores especificados por el software cumplen con los valores maximo permisibles por la norma. Esta comparación justifica la adopción de materialidad del software que viabilizará la calidad de los resultados del estudio en las simulaciones energéticas.

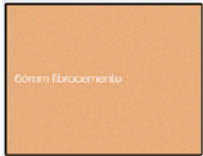

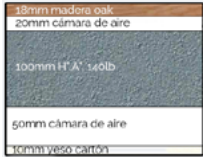


Materiales	Composición
Cubierta	
Cielo raso	
Entrepiso	
Muros	
Contrapiso	

Figura 48. Composición gráfica de materiales estandarizados, para las simulaciones de viviendas. Fuente: Software Desing Builder . Elaboración: Grupo de Tesis

3.3.1 Determinación de variables formales

Sobre el modelo de tipologías de vivienda establecido en la tabla 10, se analizarán las variaciones formales de la siguiente manera:

- a) **Altura.-** Este parámetro se determina en uno o dos pisos semejantes.
- b) **Contigüidad.-** Hace referencia a la relación con los volúmenes de construcciones vecinas, en posición aislada, adosamiento, en el lado menor o mayor, o en ambos (continuo).
- c) **Proporción.-** Este parámetro se basa entre una composición regular dentro de una relación 1:1 semejante en lados en una base cuadrada, y de 1:2 en una base rectangular.
- d) **Extensión.-** Valora el número de lados o caras verticales presentes en una planta.
- e) **Orientación.-** Las viviendas se orientarán de acuerdo a los cuatro

sentidos principales (norte, este, sur, oeste).

Los modelos de estudio surgen de relacionar las variables formales de la siguiente manera; Proporción y contigüidad, correspondientes a las modificaciones morfológicas que determinan cuatro opciones de modelos: cuadrada, rectangular, quebrada y doble quebrada. Luego están composiciones volumétricas que se van variando en altura (1 piso y 2 pisos), lo que sumado presentan ocho modelos base. Sobre estos se aplican cuatro condiciones de contigüidad (aislados y adosados), los cuales generan 32 composiciones diferentes de modelos; y que a su vez serán analizadas en cuatro orientaciones diferentes, estableciendo un total de 128 modelos de configuraciones formales (figura 49); que de una u otra manera tienen su fuente de origen en las seis viviendas de la muestra de estudio, de donde se extrapola toda la información para llegar a este número de casos, que serán el sustento para el análisis de este proyecto, en base a simulaciones de confort y energía.

3.3 ESTUDIO DE VARIACIONES FORMALES SOBRE LA VIVIENDA REPRESENTATIVA DE LA ZONA URBANA DE CUENCA



	1 Piso				2 Pisos			
	cuadrada	rectangular	quebrada	doble quebrada	cuadrada	rectangular	quebrada	doble quebrada
Aislada								
Adosada lado corto								


































































	1 Piso				2 Pisos			
	cuadrada	rectangular	quebrada	doble quebrada	cuadrada	rectangular	quebrada	doble quebrada
Adosada lado largo								
								
								
								
Continua								
								
								
								

Figura 49. Variación de viviendas analizadas. Fuente: Elaboración Grupo de tesis.

Condiciones de simulación: el Software Design Builder (figura 50) permite un seteo ágil e intuitivo, dentro de las condiciones de parámetros introducidas se definen: el periodo de calibración para la simulación se ajusta anualmente; se establece una base climática según la zona geográfica y se define una banda de confort de 18°C a 22°C la elección del fichero climático en formato IWEC para la Ciudad de Cuenca se desarrolló con el software Meteonorm, los valores de

este fichero fueron tomados de la base de datos de la estación meteorológica de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS); la caja gris estándar supone una envolvente térmica indicada en la estandarización de parámetros (tabla 11 & fig 48); también para evitar una excesiva influencia de las condiciones climáticas del exterior al interior del recinto se desestiman las puertas; mientras las ventanas se consideran cerradas, con el fin de poder controlar en lo posible la

Activity Template	HVAC Template
Floor Areas and Volumes	Mechanical Ventilation
Occupancy	Auxiliary Energy
Metabolic	Heating
Generic Contaminant Generation	Cooling
Holidays	Humidity Control
DHW	DHW
Environmental Control	Natural Ventilation
Computers	Earth Tube
Office Equipment	Air Temperature Distribution
Miscellaneous	Cost
Catering	
Process	
Construction Template	
Construction	
Airtightness	
Cost	

Figura 50. Condiciones de simulación energética de los modelos en DesignBuilder+Energyplus. Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

variación por infiltración con una tasa constante de 0,7 ac/h de una escala progresiva de (0 a 4)ac/h (Vilches, 2008), siendo (0) un valor alto de hermeticidad; también se considera una ocupación fija de 0,0235 hab/m², la ventilación natural se especifica por recintos a una tasa de 4 ac/h de aire exterior; a la cubierta se la considera como una zona semi-exterior sin acondicionar, con una tasa de renovación de aire de 1 ac/h. Con el fin de reducir en lo posible el número de variables ingresadas

en la simulación, en términos generales, las cargas internas no se consideran (sin sistemas de aire acondicionado, sin iluminación, sin equipos o sistemas eléctricos que puedan generar algún tipo de calor), de tal modo que la única variable que pueda incidir en la optimización del ahorro de energía eficientemente sea la forma geométrica (figura 49). Los modelos digitalizados en el software se muestran con sus dimensiones respectivas, en conformidad a las determinantes de estandarización en la figura 51.

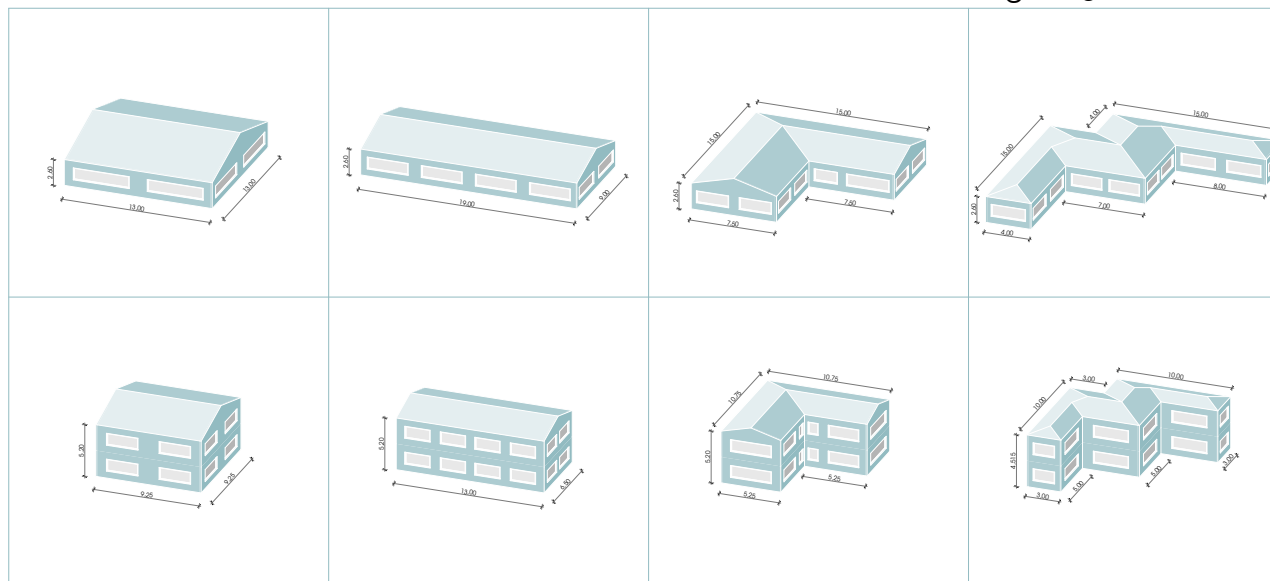


Figura 51. Modelos básicos de vivienda en uno y dos niveles. Fuente: Elaboración Grupo de tesis.

3.4 ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO, DE CONFORT Y FACTOR DE VARIACIÓN

3.4.1 Análisis del desempeño energético

Las simulaciones ejecutadas presentan demandas anuales por concepto de climatización (calefacción) desde 5,27 kWh/m²-año (en el modelo rectangular con doble adosamiento de dos pisos) hasta 18,80 kWh/m²-año (en el modelo doble quebrado aislado de dos pisos), con una distribución variada entre los dos casos, lo cual nos indica una incidencia de

los aspectos formales en el desempeño energético, con un promedio global de 12,17 kWh/m²-año, como indica la tabla 12. Cabe señalar que los valores de demanda energética son proyectuales y obedecen a una cierta especificidad, por lo que no podrían ser tomadas como reflejo fiel de la demanda energética familiar por vivienda de la ciudad de Cuenca.

Tabla 12. Demanda energética media anual por superficie en cada variación, de acuerdo a Figura 47.

Demanda (kWh/m ² -año)	Tipología	Aislada				Adosada corto				Adosada largo				Continua				Promedios
	Orientación	Norte	Este	Sur	Oeste	Norte	Este	Sur	Oeste	Norte	Este	Sur	Oeste	Norte	Este	Sur	Oeste	
1 Piso	Cuadrada	12.03	11.73	12.03	11.73	9.20	11.80	11.68	11.73	9.20	11.80	11.68	11.73	8.87	12.23	8.87	12.23	11.16
	Rectangular	10.98	12.86	10.98	12.86	8.90	12.43	10.11	12.52	9.04	10.75	12.73	10.81	9.05	11.70	9.05	11.70	11.03
	Quebrada	12.87	13.23	13.15	12.87	11.01	12.60	12.20	12.30	9.82	12.74	12.30	12.49	9.06	12.50	10.48	12.11	11.98
	Doble-quebrada	15.64	15.77	15.80	15.51	14.53	15.16	15.05	14.95	12.17	14.61	14.51	14.57	11.44	14.08	13.40	13.96	14.45
2 Pisos	Cuadrada	12.14	12.14	12.14	12.14	10.60	7.69	10.52	7.69	10.60	7.69	10.52	7.59	9.44	5.64	9.44	5.64	9.48
	Rectangular	13.66	11.85	14.85	11.95	12.45	8.60	12.32	10.17	7.57	9.73	11.45	9.81	5.27	8.69	5.27	8.69	10.15
	Quebrada	14.83	14.96	15.19	15.26	11.91	13.60	13.46	14.01	12.46	12.89	9.78	13.24	9.56	11.69	8.09	12.14	12.69
	Doble-quebrada	18.42	18.63	18.80	18.73	16.55	17.68	17.57	17.85	15.88	16.14	13.34	16.21	14.02	15.23	12.14	15.40	16.41
Promedios		13.82	13.90	14.12	13.88	11.89	12.45	13.03	12.65	10.84	12.04	12.09	12.06	9.59	11.47	9.59	11.48	12.17
		13.93				12.46				11.75				10.53				

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

A continuación se describen valores y los porcentajes de los resultados de las simulaciones de acuerdo a las variaciones formales, y se determina su incidencia en cada uno de ellos.

a) Altura

La altura de las viviendas presenta una incidencia casi nula en las demandas, con una media global de 12,18 kWh/m²-año en los casos de dos pisos y 12,15 kWh/m²-año para los de un piso. Se observa una diferencia sensible en los modelos irregulares, especialmente en la doble-quebrada con 14,45 kWh/m²-año para un piso y 16,41 kWh/m²-año para la de dos pisos, lo cual representa un crecimiento del 13,56% en el consumo energético, como se indica en la tabla 13.

Tabla 13. Relación de resultados del parámetro altura.

Demanda (kWh/m ² -año)	Promedio global	Casos irregulares	%Incremento
1 Piso	12,15	14,45	—
2 Pisos	12,18	16,41	13,56%

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

b) Contigüidad

La contigüidad entre viviendas presentan variaciones considerables en la demanda energética, las viviendas con tipología aislada revelan un promedio de 13,93 kWh/m²-año, aproximadamente el 32% superior a los de tipología continua con 10,53 kWh/m²-año (tabla 14), además los adosamientos presentan valores intermedios. Esto señala una disminución efectiva por contigüidad; una vivienda en esta zona al estar aislada puede incrementar en un 32% su demanda energética respecto a la continua y al mismo tiempo disminuir su confort térmico, sin embargo se debe considerar que una vivienda aislada muestra una mejor habitabilidad tanto en iluminación, aislamiento acústico, y ventilación natural.

Tabla 14. Relación de resultados del parámetro contigüidad.

Demanda (kWh/m ² -año)	Promedio	%Incremento
Aislada	13,93	32,29%
Adosada corto	12,46	18,33%
Adosada largo	11,75	11,59%
Continua	10,53	—

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

c) Proporción

Como se indica en la tabla 15, este parámetro manifiesta una incidencia global leve en los modelos de un piso con un porcentaje del 1,16% entre los promedios de la forma cuadrada y rectangular. Mientras que en el caso de dos pisos se presenta una mayor distinción; donde las tipologías cuadradas proyectan una demanda promedio de 9,48 kWh/m²-año y la rectangular una de 10,15 kWh/m²-año, lo que indica un incremento del 6,99% en la demanda respecto a esta variable.

d) Extensión

El parámetro de extensión o variación morfológica, para los casos de doble quiebre (más caras verticales) en uno y dos pisos mostraron una demanda promedio de 15,43 kWh/m²-año, significa un 49,55% más alta que los de forma cuadrada (menos caras verticales) con un promedio de 10,32 kWh/m²-año, y un número progresivo de valores consecutivos en los casos de forma rectangular y quebrada. Lo cual conlleva, que mediante una configuración constructiva similar en la zona, un perfil variable y más extenso, es capaz de incrementar cerca del 50% del

Tabla 15. Relación de resultados del parámetro Proporción.

Demanda (kWh/m ² -año)	1Piso			2Pisos		
	Cuadrada	Rectangular	%	Cuadrada	Rectangular	%
Aislada	11,88	11,92	0,34%	12,14	13,08	7,72%
Adosado lc	11,10	10,99	1,01%	9,13	10,89	19,29%
Adosado ll	11,10	10,83	2,43%	9,13	9,64	5,64%
Continua	10,55	10,38	1,66%	7,54	6,98	7,43%
Promedio	11,16	11,03	1,16%	9,48	10,15	6,99%

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

Tabla 16. Relación de resultados del parámetro extensión.

Demanda (kWh/m ² -año)	Promedio	%Incremento
Cuadrada	10,32	—
Rectangular	10,59	2,62%
Quebrada	12,34	19,58%
Doble-quebrada	15,43	49,55%

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

consumo energético y al mismo tiempo reducir la calidad ambiental de la vivienda (tabla 16).

e) Orientación

La orientación presenta una tenue incidencia en el gasto energético. Los casos con fachadas hacia el norte presentan una demanda promedio de 11,54 kWh/m²-año, mientras que los casos donde la fachada se encuentra orientada hacia el oeste muestran un promedio de 12,52 kWh/m²-año, lo cual revela aproximadamente el 8% de mejora (tabla 17).

Tabla 17. Relación de resultados del parámetro orientación.

Demanda (kWh/m ² -año)	Promedio global	%Incremento
Norte	11,54	—
Este	12,46	8,04%
Sur	12,15	5,34%
Oeste	12,52	8,51%

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

3.4.2 Análisis del confort

El análisis de la demanda energética de los 128 modelos de variación (cuadrada, rectangular, quebrada y doble-quebrada); establece que el menor consumo energético le corresponde al modelo de vivienda continua, mientras que la de mayor consumo le corresponde al tipo de vivienda aislada. Partiendo de este resultado, se decidió que el estudio de iluminación natural se enfoque expresamente en la tipología continua, dado su óptimo desempeño energético, con lo cual, la muestra de estudio se reduce a 32 variaciones para el análisis, entre 1 y 2 pisos, en las 4 orientaciones (norte, sur, este y oeste). Con el fin de verificar el grado de incidencia de la forma en el comportamiento lumínico más térmico y comprobar si cumplen con los estándares establecidos en las normativas INEN 2009 y NEC 2011.

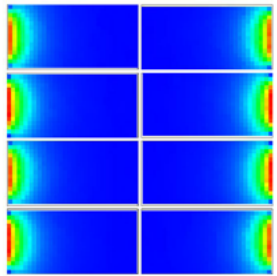
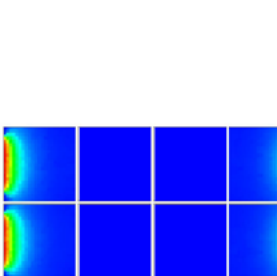
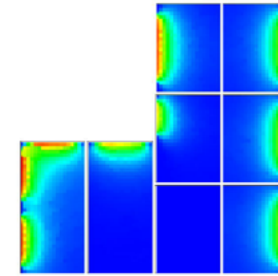
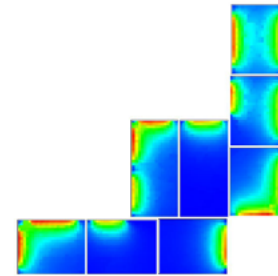
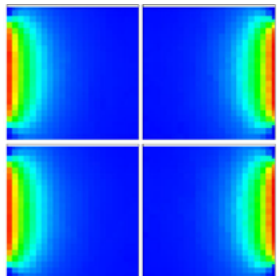
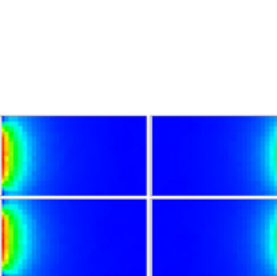
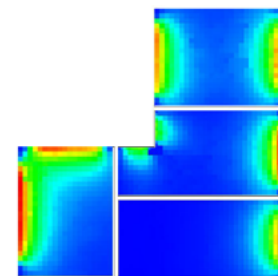
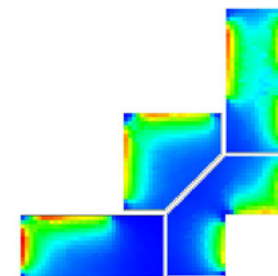
Con ello se pretende validar que la tipología de mejor desempeño energético, mantenga adecuados niveles de confort lumínico.

I. Análisis del factor luz día

Los resultados de las simulaciones presentaron niveles de iluminación (FLD) desde 1,85% (modelo rectangular de un piso) hasta 6,47% (modelo doble-quebrado de los pisos) (tabla 16), con una distribución variada entre los dos casos; Cabe recalcar que el objetivo es conocer si la forma con óptimo desempeño energético tiene una iluminación adecuada, por lo que en las simulaciones se optó por una iluminación del tipo cenital (CIE día nublado) la cual promedia la intensidad lumínica del cielo en 10.000 lux configuración usada frecuentemente en los cálculos de factor luz (Manual de ayuda DesignBuilder Ltd.), dejando sin efecto la posición del sol, razón que justifica las no diferencias por orientación (tabla 18).

Al comparar los resultados con el factor luz día especificado en la norma INEN-2009 de 2,5 % para locales de preparación (cocina), se evidenció que sólo para el caso específico de tipología rectangular continua, el factor de iluminación natural es deficiente, ubicándose 0,65% por debajo del establecido en la norma, mientras que

Tabla 18. Comportamiento del Factor Luz Día de la Tipología continua y Orientaciones.

					
Tipología	Orientación	FLD	FLD	FLD	FLD
Continua 1 piso	Norte	2,51	1,86	3,76	5,51
	Sur	2,51	1,86	3,76	5,51
	Este	2,51	1,86	3,76	5,51
	Oeste	2,51	1,86	3,76	5,51
					
Tipología	Orientación	FLD	FLD	FLD	FLD
Continua 2 pisos	Norte	3,79	2,23	4,52	6,47
	Sur	3,79	2,23	4,52	6,47
	Este	3,79	2,23	4,52	6,47
	Oeste	3,79	2,23	4,52	6,47

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

los demás cumplen satisfactoriamente con valores permisibles.

II. Análisis Térmico

Las simulaciones interpretan los resultados de acondicionamiento climático dentro de la zona de confort definida en el fichero climático para Cuenca, por lo tanto los valores de temperatura se ubican en un rango de 18 a 26°C conforme a la normativa. Con valores que van desde los 19,65°C hasta

los 21,25°C en la forma cuadrada, del tipo continua de uno y dos pisos, mientras que la temperatura exterior se proyectó en un promedio de 14,40°C. Lo que indica una incidencia de la compactidad y esbeltez en el incremento de la temperatura. En la tabla 19 se presentan todos los rangos de temperatura.

Tabla 19. Comportamiento Térmico de la variaciones formales.

Temperatura (°C)		1 Piso				2 Pisos				Promedio
Tipología	Orientación	Cuadrada	Rectangu- lar	Quebrada	Doble- quebrada	Cuadrada	Rectangu- lar	Quebrada	Doble- quebrada	
Continua	Norte	20,27	19,97	20,45	20,55	20,20	20,94	21,05	20,91	20,36
	Este	19,65	19,48	19,95	20,25	21,25	20,02	20,30	20,51	
	Sur	20,27	19,97	20,45	20,55	20,20	20,94	21,05	20,91	
	Oeste	19,65	19,48	19,95	20,25	21,25	20,02	20,30	20,51	
Promedios		19,96	19,73	20,20	20,40	20,73	20,48	20,68	20,71	
		20,07				20,65				

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis



3.4.3 Análisis del factor forma

Determina la incidencia de las variaciones formales en el gasto energético residencial.

Para los 128 modelos de variaciones se

Simbología de representación de los 128 casos de análisis Tabla 20 y 21.

1CA = modelo cuadrado, aislado
1CC = modelo cuadrado, adosado lado corto
1CL = modelo cuadrado, adosado lado largo
1CN = modelo cuadrado, continuo
1RA = modelo rectangular, aislado
1RC = modelo rectangular, adosado lado corto
1RL = modelo rectangular, adosado lado largo
1RN = modelo rectangular, continuo
1QA = modelo quebrado, aislado
1QC = modelo quebrado, adosado lado corto
1QL = modelo quebrado, adosado lado largo
1QN = modelo quebrado, continuo,
1DA = modelo doble-quebrado, aislado
1DC = modelo doble-quebrado, adosado lado corto
1DL = modelo doble-quebrado, adosado lado largo
1DN = modelo doble-quebrado, continuo

realiza el cálculo del valor de la demanda energética mediante el software designbuilder para contrastarlo con el valor del factor forma; con el objetivo de fijar su porcentaje y efecto en el desempeño energético de las viviendas de Cuenca.

2CA = modelo cuadrado, aislado
2CC = modelo cuadrado, adosado lado corto
2CL = modelo cuadrado, adosado lado largo
2CN = modelo cuadrado, continuo
2RA = modelo rectangular, aislado
2RC = modelo rectangular, adosado lado corto
2RL = modelo rectangular, adosado lado largo
2RN = modelo rectangular, continuo
2QA = modelo quebrado, aislado
2QC = modelo quebrado, adosado lado corto
2QL = modelo quebrado, adosado lado largo
2QN = modelo quebrado, continuo
2DA = modelo doble-quebrado, aislado
2DC = modelo doble-quebrado, adosado lado corto
2DL = modelo doble-quebrado, adosado lado largo
2DN = modelo doble-quebrado, continuo

En la tabla se muestra el factor forma de acuerdo a cada variación analizada tanto en altura, contigüidad, proporción y extensión, se descartó el parámetro de orientación por su escasa incidencia en la demanda energética, disponiendo entonces de 32 modelos con distintas configuraciones, adosamientos y alturas.

Del mismo modo, se especifica las dimensiones de los modelos: longitud (dimensión horizontal mayor), ancho (dimensión horizontal menor), número de lados expuestos, perímetro (suma de todos los lados expuestos), altura y superficie; posteriormente se calcularon las relaciones entre estos valores: volumen, superficie total expuesta.

Tabla 20. Demanda energética en (kW-h/m²) de modelos de un piso en según valores geométricos (mediciones y relaciones).

Modelos	I Piso															
	Cuadrada				Rectángular				Quebrada				Doble-quebrada			
	AISL	AD CT	AD LR	CONT	AISL	AD CT	AD LR	CONT	AISL	AD CT	AD LR	CONT	AISL	AD CT	AD LR	CONT
Demanda (kW-h/m ² -año)	1CA	1CC	1CL	1CN	1RA	1RC	1RL	1RN	1QA	1RL	1QL	1QN	1DA	1DC	1DL	1DN
	11,88	11,10	11,10	10,55	11,92	10,99	10,83	10,38	13,03	12,03	11,84	11,04	15,68	14,92	13,97	13,22
largo (m)	13,00	13,00	13,00	13,00	19,00	19,00	19,00	19,00	15,00	15,00	15,00	15,00	19,00	19,00	19,00	19,00
ancho (m)	13,00	13,00	13,00	13,00	9,00	9,00	9,00	9,00	7,50	7,50	7,50	7,50	19,00	19,00	19,00	19,00
lados (#)	4,00	3,00	3,00	2,00	4,00	3,00	3,00	2,00	6,00	5,00	5,00	4,00	10,00	9,00	9,00	8,00
perímetro	52,00	39,00	39,00	26,00	56,00	47,00	37,00	18,00	60,00	52,50	45,00	37,50	76,00	72,00	61,00	57,00
alto (m)	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
área-planta (m ²)	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0
volumen (m ³)	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0
sup. Exp. (m ²)	305,2	271,4	271,4	237,6	315,6	292,2	266,2	216,8	326,0	306,5	287,0	267,5	367,6	357,2	328,6	318,2
Factor forma	0,69	0,61	0,61	0,54	0,71	0,66	0,60	0,49	0,74	0,69	0,65	0,61	0,83	0,81	0,74	0,72

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

Luego este último se manifiesta en función del volumen climatizado, generando de esta manera el indicador correspondiente al coeficiente del factor forma para cada uno de los 32 modelos, como se observa en la última hilera de las tablas 20 y 21.

Tabla 21. Demanda energética en (kW-h/m²) de modelos de dos pisos en según valores geométricos (mediciones y relaciones).

Modelos	2 Pisos															
	Cuadrada				Rectangular				Quebrada				Doble-quebrada			
	AISL	AD CT	AD LR	CONT	AISL	AD CT	AD LR	CONT	AISL	AD CT	AD LR	CONT	AISL	AD CT	AD LR	CONT
Demanda (kW/h/m ² -año)	2CA	2CC	2CL	2CN	2RA	2RC	2RL	2RN	2QA	2QC	2QL	2QN	2DA	2DC	2DL	2DN
	12,14	9,13	9,10	7,54	13,08	10,89	9,64	6,98	15,06	13,25	12,09	10,37	18,65	17,41	15,39	14,20
largo (m)	9,25	9,25	9,25	9,25	13,00	13,00	13,00	13,00	10,75	10,76	10,77	10,78	13,00	13,00	13,00	13,00
ancho (m)	9,25	9,25	9,25	9,25	6,50	6,50	6,50	6,50	5,25	6,25	7,25	8,25	13,00	13,00	13,00	13,00
lados (#)	4,00	3,00	3,00	2,00	4,00	3,00	3,00	2,00	6,00	5,00	5,00	4,00	10,00	9,00	9,00	8,00
perimetro	37,00	27,75	27,75	18,50	39,00	32,50	26,00	13,00	43,00	37,75	32,25	27,00	52,00	49,00	42,00	39,00
alto (m)	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20
área-planta (m ²)	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
volumen (m ³)	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0	442,0
sup. Exp. (m ²)	277,4	229,3	229,3	181,2	287,8	254,0	220,2	152,6	308,6	281,3	252,7	225,4	355,4	339,8	303,4	287,8
Factor forma	0,63	0,52	0,52	0,41	0,65	0,57	0,50	0,35	0,70	0,64	0,57	0,51	0,80	0,77	0,69	0,65

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

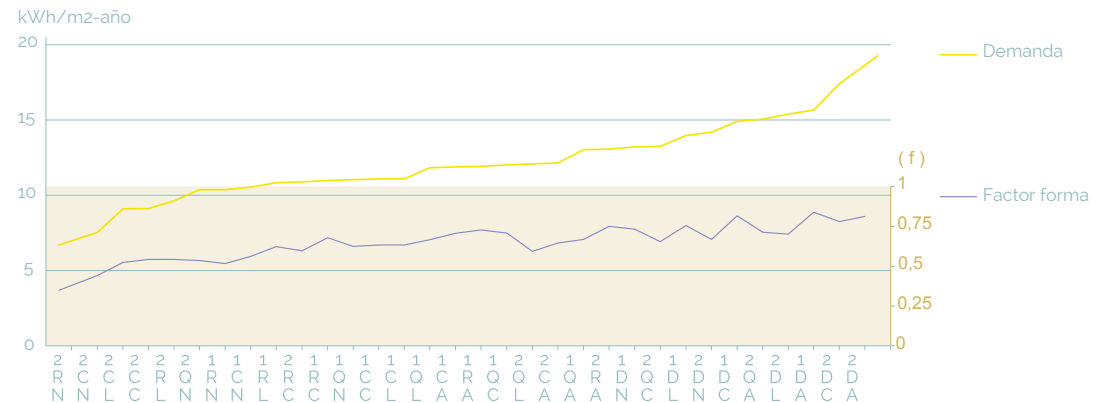


Figura 52. Mediciones geométricas de acuerdo a modelos ordenados por demanda energética. Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

I. Factor forma

Se ubicó los modelos de acuerdo a los valores de la demanda energética en forma ascendente con valores que van desde 6,98 kWh/m²-año en el modelo rectangular hasta 18,65 kWh/m²-año en el modelo doble quebrado, tomando el valor medio de la demanda energética de los resultados entre las orientaciones, al mismo tiempo se coloca en otra escala los valores del factor forma correspondientes a cada caso con un rango de valores desde 0,35 hasta 0,83, de esta manera se puede

contrastar el comportamiento de los dos índices entre sí. Finalmente como se puede observar en la figura 52, el valor más alto de la demanda coincide con el valor más alto del factor forma y del mismo modo ocurre con los valores más bajos; lo cual indica que si el valor del factor forma está más cercano al 1 la demanda se incrementa y si se acerca más al 0, la demanda es menor. Esto último se traduce en una menor superficie expuesta como se puede encontrar en las formas más compactas como la cuadrada.

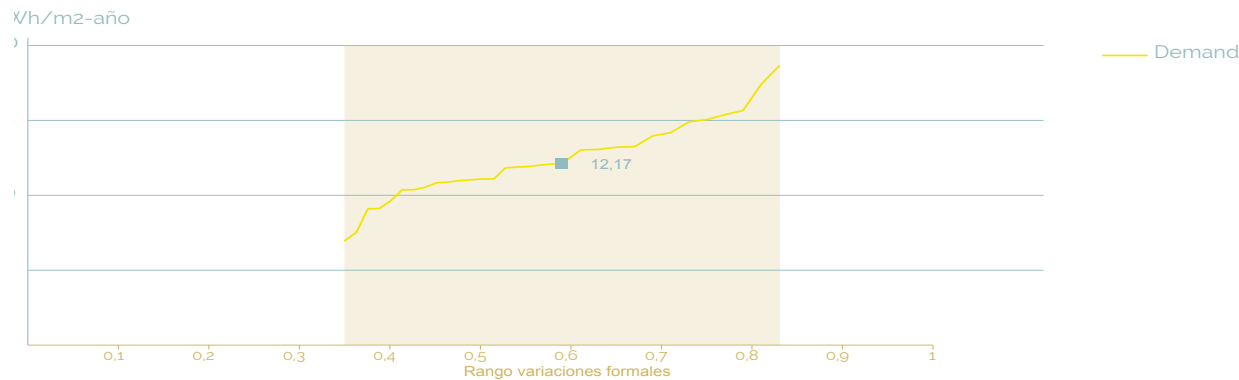


Figura 53. Factor de variación. Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

II. Factor de variación

Se ubica la curva de valores de la demanda energética dentro del rango del factor forma de los 32 modelos de variables formales (figura 53). Para determinar el factor de variación se calcula el porcentaje de incremento de la demanda igual a 0,36 kWh/m²-año y el porcentaje de incremento del factor forma 0,015; relacionando estos se consigue definir que para un incremento del 1% o 0,01 en el valor del factor forma se obtiene un aumento de 0,23 kWh/m²-año en la demanda.

Esto sugiere que para edificaciones residenciales de esta particularidad material y superficie de 170 m², por cada 1% en el valor del factor forma la demanda aumenta en 0,23 kWh/m²-año. Este valor puede aparentar algo insignificante en comparación con el costo oficial del kW-h (USD 0,0933 en Ecuador), pero si se compara su incidencia global puede incrementar la demanda de una forma regular a 11,67 kWh/m²-año. Lo cual conlleva a un consumo doméstico del 60% más elevado, al habitar una vivienda menos compacta con relación a la más compacta.

3.4.4 Discusión de Resultados

La demanda energética promedio anual por concepto de calefacción derivada del análisis de variaciones formales de los 128 casos es de 12,77 kW-h/m²-año, como se observa en la tabla 11. Las variables formales presentan los siguientes resultados en torno a la demanda energética: la altura incide 13,56 % en el incremento para el caso específico de la tipología doble-quebrada (tabla 14); la contigüidad en un 32% de la aislada en relación a la continua (tabla 13); la proporción 1:2 (rectangular), incrementa el consumo en 7% en comparación con la 1:1 (cuadrada) (tabla 15); para la variable extensión el modelo con perfil más extenso (doble-quebrada) incrementa cerca del 50% la demanda en relación a la de perfil menos extenso (cuadrada) (tabla 16).

El valor más alto de la demanda energética coincide con el valor más alto del factor forma Figura 52, esto indica que si el factor forma se incrementa también lo hace la demanda, y de igual manera si este disminuye la demanda también disminuye. El factor de regulación para el

factor forma se determinó en porcentajes, de modo que si se incrementa 1% al factor forma la demanda aumenta en 0,23kWh/m²-año.





Los datos obtenidos en las simulaciones sobre el confort lumínico se rigen al factor de luz natural o luz de día según la NEC (2011) "no debe caer por debajo del 1% en el plano de trabajo a 3m desde la pared de la ventana y a 1m desde las paredes laterales", y definen una abertura de vanos de mínimo 35% de la pared. En la (tabla 18) se puede ver que la vivienda del tipo continua, con la menor demanda energética (tabla 12), cumple correctamente con esta norma, sin embargo, según la práctica estándar del INEN (2009) que estima un 2.5% (cocina) mayor o igual a 300lux; el caso de la forma rectangular presenta un déficit del 26% para un piso y 11% para dos pisos; esto se puede deber al adosamiento, al inhabilitar las superficies de mayor área aumenta la distancia desde la ventana hacia el centro de la habitación y se vuelve un punto desfavorable con un margen muy estrecho de iluminación natural. También se puede constatar como el nivel de

compactación de la forma influye en la tipo cuadrada, pues hay una diferencia marcada en el déficit de FLD del 30% de uno a dos pisos, lo que evidencia que las formas poco esbeltas (baja altura) de superficie grande en proporsión 1:1 tienen una condición difícil de iluminación. Por otro lado la variación formal doble-quebrada tanto de uno y dos pisos tiene los valores más altos de factor luz de 5.51% y 6.47 % respectivamente, lo que sugiere; a mayor caras verticales con vanos expuestas, mejor la condición de iluminación al interior, sin embargo este tipo de formas no tienen un buen comportamiento energético (tabla 11). En los resultados (tabla 17), la incidencia por orientación se mantiene constante, porque se usa una luminancia cenital con un cielo homogéneo, características compartidas en la Latitud de Ecuador,

donde la posición solar es cercana al cenit.

La temperatura promedio de Cuenca según la NEC (2011) (tabla 7) se establece entre los 14 y 18°C. Los resultados presentados en la (tabla 18) evidencian una ligera variación entre 1 y 2°C, se puede deber a la orientación pues los resultados ubican los valores de temperatura bajos orientados al Este y Oeste, y los altos hacia el Norte y Sur. También se puede observar que las formas en dos pisos tienen temperaturas más altas que las de un piso lo que puede indicar que mientras más compacta y esbelta mayor temperatura tal como se señalaba en las estrategias de forma. Pero en general todas las variaciones cumplen con las condiciones óptimas de habitabilidad con un promedio de 20,36°C a la media de 22°C en la banda de confort. En la tabla 22 se indica la forma óptima de las tipologías de vivienda.

Tabla 22. Esquema de la forma óptima y sus características.

Variables formales	Altura	Contigüidad	Proporción	Extensión
				
	2 Pisos	Continua	1:2	Perfil menos extenso

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

3.5 VALIDACIÓN: APLICACIÓN DE LA FORMA OPTIMA EN LOS CASOS DE ESTUDIO

A continuación se aplican los criterios formales óptimos derivados del análisis previo, en cada uno de los casos de estudio y posteriormente mediante simulaciones, se comparan los resultados de demanda energética y de confort ambiental del estado actual con la propuesta.

3.5.1 Esquema de la configuración formal.

Se estableció la propuesta de configuración formal siguiendo las mismas estrategias y variables de diseño en el estudio de las variaciones

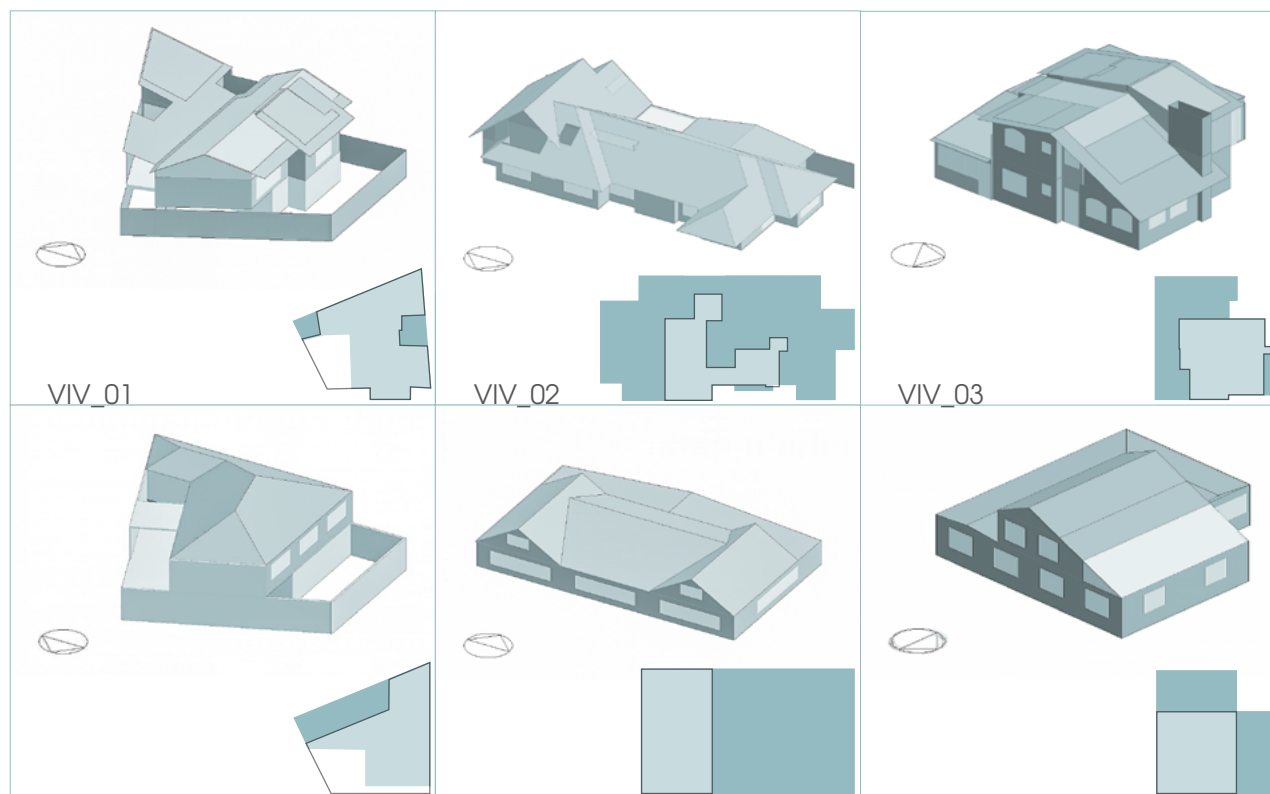
Estado Actual

Propuesta formal

Simbología

1 piso 2 pisos

■ □



de vivienda, es decir, compactando la forma, reduciendo el número de caras expuestas al mínimo posible (variable de extensión); manteniendo la misma superficie promedio en cada caso, así como también, el porcentaje de vanos, alturas y materialidad, lo mismo con el

adosamiento (contigüidad) y la orientación. De manera que pueda ser efectiva la comparación formal entre el modelo actual y la propuesta.

Los resultados se presentan en el siguiente esquema (figura 54).

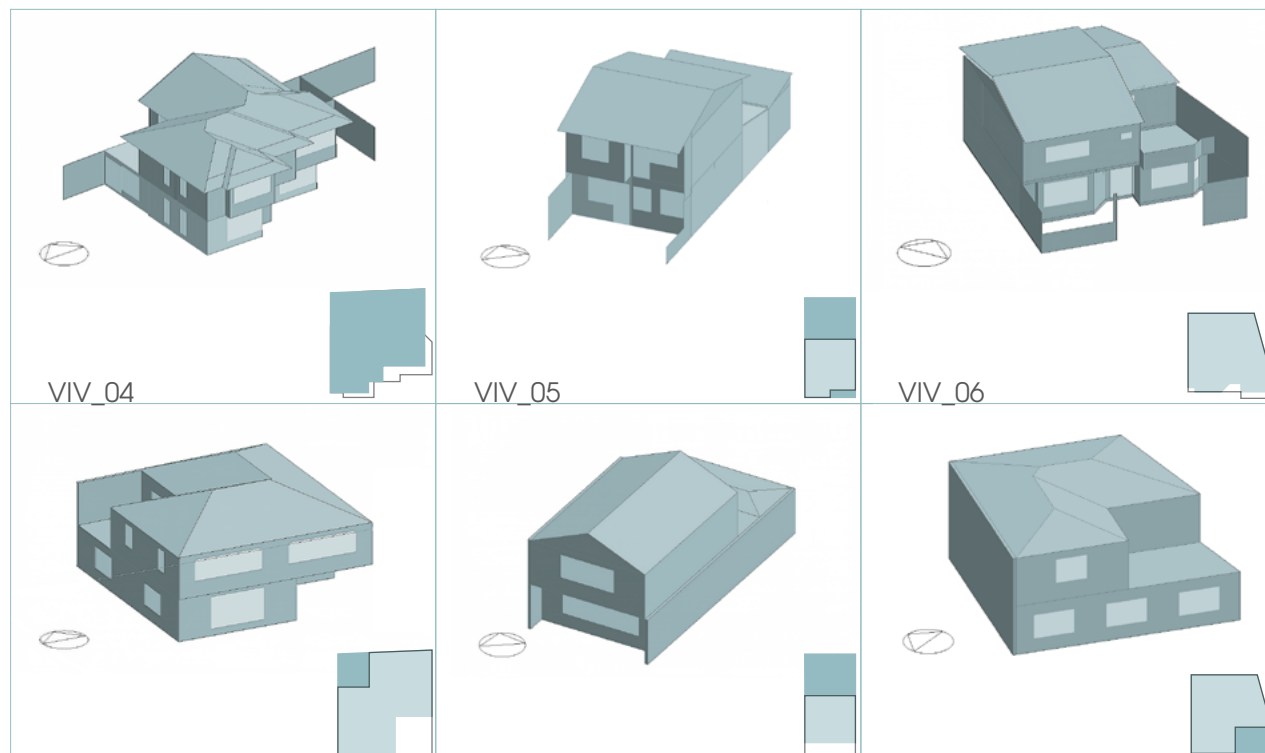


Figura 54. Esquema de Configuración Formal de los Casos de estudio, en su Estado Actual (sup.) y Estado Corregido (inf.).
Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

3.5.2 Validación de las propuestas

Las reformas adecuadas en los casos de estudio, evidencian que el diseño de forma incide positivamente en cada vivienda, reduciendo el consumo energético y mejorando las condiciones de confort en su interior. A continuación se presentan los resultados de los análisis.

I. Demanda energética

La tabla 23 detalla una comparativa del consumo energético de cada vivienda, para obtener el acondicionamiento

ambiental en relación a la variación de la superficie expuesta o envolvente, entre el estado actual y la propuesta formal, con reducciones en la demanda energética que van desde el 4,69 kWh/m²-año hasta 18,35 kWh/m²-año (figura 55). Lo cual corresponde un porcentaje de reducción aproximado entre el 55 y 85% respectivamente. También al minimizar la superficie expuesta mediante la aplicación de las estrategias de diseño formal en cada vivienda, se puede observar una reducción en el porcentaje del factor forma (tabla 25) y por consiguiente también en la demanda energética.

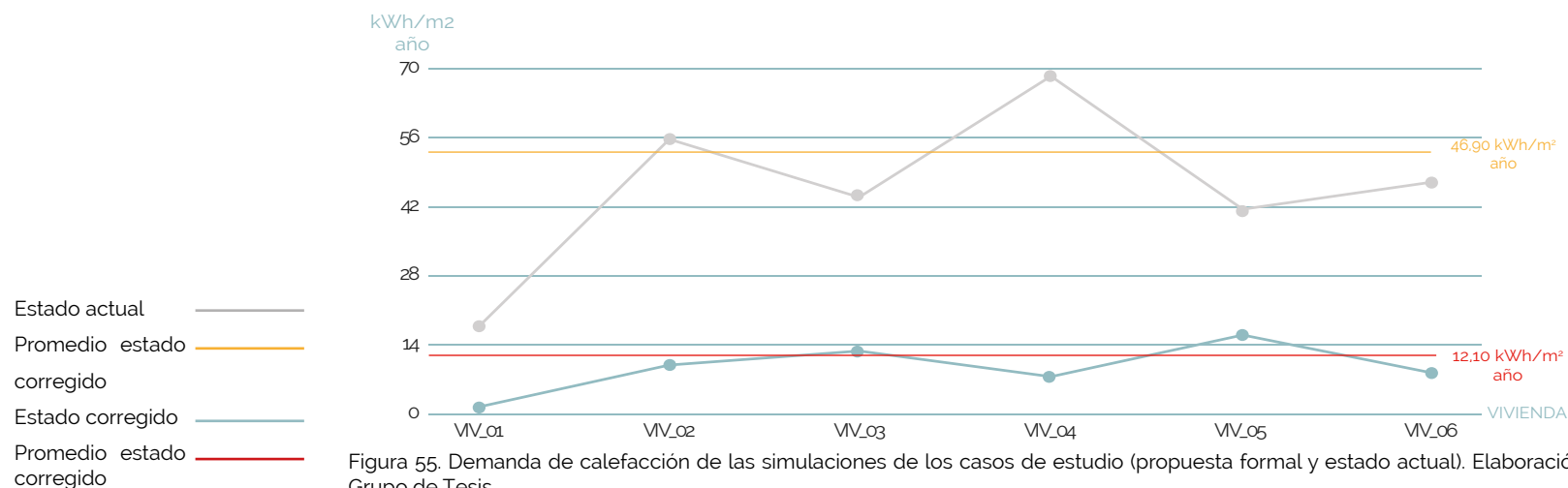


Tabla 23. Demanda energética en (kW-h/m²) de los casos de estudio y porcentajes de reducción tanto de la propuesta formal como del estado actual.

Demanda (kW-h/m²-año)	Vivienda_01	Vivienda_02	Vivienda_03	Vivienda_04	Vivienda_05	Vivienda_06
Estado Actual	17.72	55.60	43.85	68.37	41.42	46.90
sup_exp (m²)	231.676	623.35	401.552	349.803	134.193	234.759
Propuesta formal	4.69	12.64	15.31	10.43	18.35	11.16
sup_exp (m²)	199.152	549.384	301.794	311.097	139.549	146.769
Diferencia	13.03	42.96	28.54	57.94	23.07	35.74
sup_exp (m²)	32.52	82.97	99.76	38.71	- 5.535	87.99
Reducción	74 % 14%	77 % 13%	65 % 25%	85 % 11%	56 % - 4%	76 % 37%

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

II. Confort Ambiental

La tabla 24 detalla la comparativa del comportamiento térmico de cada vivienda entre su estado actual y la propuesta formal, sin embargo se puede observar variaciones en el comportamiento térmico

entre 1 y 2°C aproximadamente. También se colocaron los datos de temperatura media monitoreada de cada vivienda (estar y dormitorio) para observar las variaciones con respecto a la temperatura real.

Tabla 24. Comportamiento Térmico en (°C) de los casos de estudio tanto de la propuesta formal como del estado actual.

Temperatura (°C)	Vivienda_01	Vivienda_02	Vivienda_03	Vivienda_04	Vivienda_05	Vivienda_06
Estado Actual monitorización	19.79	18.82	18.65	19.37	19.10	17.81
Estado Actual simulación	18.95	18.24	19.02	18.80	18.59	18.50
Propuesta formal	21.42	20.78	20.04	20.86	19.97	20.28

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

III. Factor Forma (f)

Criterio considerado para analizar la reducción de la demanda por calefacción, de acuerdo al esquema de configuración formal. En la tabla 25 se detalla la superficie expuesta, el volumen y el

indicador de factor forma tanto del estado actual como de la propuesta de forma con el fin de comparar el grado de variación y mejoramiento del f. con valores mas cercanos al cero que van desde 0,63 hasta el 0,38.

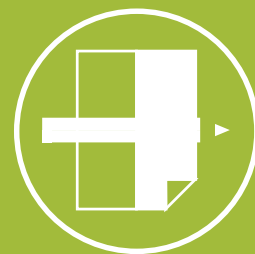
Tabla 25. Comportamiento del Factor Forma (f) de los casos de estudio, tanto de la propuesta formal como del estado actual.

Factor Forma (f) sup-exp/vol		Estado actual		Propuesta		Reducción
		sup_exp	volumen	sup_exp	volumen	
		231.676	280.20	(-) 199.152	(+) 314.3	
Vivienda 01	f	0,83		0,63		23%
		623.35	1150.70	(-) 549.384	(-) 1132.2	
Vivienda 02	f	0,54		0,49		10%
		401.552	689.90	(-) 301.794	(-) 545.15	
Vivienda 03	f	0,58		0,55		5%
		349.803	572.40	(-) 311.097	(+) 575.3	
Vivienda 04	f	0,61		0,54		12%
		134.193	270.40	(+) 139.549	(+) 295.9	
Vivienda 05	f	0,50		0,47		5%
		234.759	339.40	(-) 146.769	(+) 381.3	
Vivienda 06	f	0,69		0,38		44%

Fuente: Elaboración Grupo de Tesis

(+) incremento (-) Disminución





CAPÍTULO- 4

CONCLUSIONES

CONTENIDOS



4.1

4.2

CONCLUSIONES.
RECOMENDACIONES.

4.1 CONCLUSIONES

En el sector residencial la demanda de energética se incrementa en forma progresiva, a causa de ello surge la necesidad de mejorar el comportamiento de forma de la edificación como alternativa para reducir la demanda de energía, varios estudio se enfocan en regular el factor forma según las exigencias actuales; pues la arquitectura debe ser capaz de generar espacio habitables y energéticamente eficientes. Por este motivo, el presente trabajo determina, analiza y evalúa las distintas variaciones formales en relación a la zona de estudio; como factor que regule las condiciones formales de las viviendas. Por otra parte cabe indicar que esta investigación hace una contribución desde el punto de vista de la sustentabilidad al concepto formal arquitectónico, pero solo a través del estudio de la forma geométrica se considere como un instrumento de eficiencia que busca mejorar la habitabilidad de los usuarios al interior de las viviendas. También como se indica en el análisis las formas mas simples de menos intrincaciones con un manejo recurrente de proporcionalidad

en su configuración, de cierta manera se encaminan en el mismo concepto que se ha dictado por los grandes personajes de la arquitectura que plantearon un nuevo estilo de diseño arquitectónico que manifiesta una simplificación de la forma arquitectónica con bases de orden y funcionalidad, que se centra los espacios arquitectónicos para el hombre común y sus necesidades lo que permite una mejor calidad de vida (Ramírez & Rodas, 2016) tal como señalan los preceptos de la sustentabilidad.

I. Variaciones formales.- Las simulaciones realizadas a más de un centenar de casos especificando las principales variaciones formales dentro de un mismo tipo de vivienda, han revelado que la incidencia de altura y contigüidad, están vinculadas con la disminución de la demanda energética y la calidad ambiental. Demostrar la incidencia de los parámetros formales facilita la optimización del confort interior y la reducción de la demanda energética, mediante la optimización de estos parámetros al proyectar una vivienda mas compacta en lugar de una mas extensa.

Además la inversión es leve pues esta se incorpora al diseño, en comparación con otras estrategias que generan mayores gastos adicionales y tienen una incidencia menor.

II. Demanda energética.- según los parámetros formales:

- **Altura.-** En promedio la demanda energética no se ve afectada por la variable altura en los modelos compactos, pero si índice en los más intrincados; esto sugiere que en los casos con una mayor extensión, los modelos de dos pisos, tienen una demanda superior que los de un piso.
- **Contigüidad.-** La tipología con menor consumo energético le corresponde a la continua, según el análisis una menor contigüidad de la edificación incrementa el gasto energético; pues los resultados evidenciaron que la tipología con mayor demanda de energía es la aislada. Lo cual evidencia que la demanda energética depende del grado de contigüidad.
- **Proporción.-** La tipología con proporción 1:1 tiene la menor demanda, por ello la mejor opción es la forma cuadrada.
- **Extensión.-** El modelo con un perfil más extenso tiene una mayor demanda, esto debido, a que incrementa el número de caras expuesta y por ende también el valor de la superficie expuesta, esto conlleva un coeficiente más elevado de factor forma y por tanto mayor gasto energético.
- **Orientación.-** El análisis determinó una incidencia leve en la demanda energética; esto es provechoso para una edificación, pues difícilmente se pueden orientar siempre de este a oeste por las diferentes condicionantes urbanas como: el tamaño, forma, y ubicación del predio donde la vivienda será implantado. Aunque los resultados demuestran que la dirección en la que se oriente la edificación, no alteraría mayormente la demanda energética. Pero es recomendable considerarla para aumentar la ganancia solar e

iluminación al interior de la vivienda.

III. **Confort térmico.-** Dado que los resultados de todos los modelos son proyecciones simuladas que acondicionan climáticamente las viviendas de estudio, las variaciones de temperatura entre sus formas son similares, con un promedio de 20,36°C, cumpliendo con los estándares de confort térmico de la norma nacional. Esto indica que la forma puede tener poca o nada de influencia en la variación de temperatura con apenas 1°C de variación entre los modelos; sin embargo en comparación con la temperatura exterior de 14,40°C los modelos han logrado captar y conservar satisfactoriamente el calor al interior, indicando que la calidad del envolvente utilizado tiene un comportamiento aceptable, que podría ser mejorado con la aplicación de materiales con superiores propiedades térmicas que ayuden a conservar el calor y reducir los puentes térmicos. Además de esto, el carácter de los procesos constructivos podrían modificar la temperatura interior considerablemente por concepto de infiltraciones de aire, entre el ambiente

exterior e interior, en varios estudios se reconoce una variación media del 62% en el desempeño ambiental, en especial, sobre la piel de la edificación (García-Alvarado, R., González, A., Bustamante, W., Bobadilla, A., & Muñoz, C. 2014), y que en definitiva repercutirá en el aumento de la demanda energética, por lo que se debe de tratar en lo posible evitar la presencia de aberturas en puertas, ventanas, techos y paredes. También cabe mencionar que las tipologías de un piso presentan una disminución en la temperatura, de poco menos de un grado, comparado a la de dos pisos; lo que indica que las formas esbeltas conservan mejor las ganancias de calor, indistintamente del grado de compacidad.

V. **Confort lumínico.-** Los resultados del análisis de factor luz día en la tipología continua determinó que: los modelos compactos en uno y dos pisos, presentan el factor más bajo mientras que los modelos más intrincados en uno y dos pisos, poseen mejor iluminación; esto se debe a la variación en el parámetro extensión, es decir mientras mayor sea el número

de lados la iluminación será superior.

VI. Factor forma.- De los 32 modelos en los que se analizó el factor forma, tenemos que el valor más alto del factor forma coincide con el mayor valor de la demanda energética. El valor más bajo es de 0,35 en el modelo rectangular con tipología continua, y el más elevado es de 0,83 en el modelo doble-quebrado de tipología aislada. Esto indica que la tipología con menor consumo energético es la continua con una forma más compacta.

VII. Aplicación de parámetros formales.- Al comparar los datos de las simulaciones se observó que el consumo energético medio anual necesario para climatizar las viviendas en su estado actual proyecta un promedio general de 47,64 kWh/m²-año. Mientras que aplicando las estrategias de formas se evidenció una mejora considerable con un promedio de 12,10 kWh/m²-año, es decir una reducción del 73 % en la demanda total. Se puede manifestar que con el mero hecho de plantear desde la etapa de planificación y diseño de la vivienda un modelo compacto, en lo posible con

una configuración cercana a la proporción 1:1, se obtendría un ahorro sustancial en la demanda por calefacción, el cual podría seguir variando eficientemente si se hacen mejoras en la calidad del envolvente para obtener mayores ganancias de calor, así también controlar la calidad constructiva con el objetivo de permeabilizar la envolvente de manera que la renovación de aire producto de las infiltraciones no desfavorezca la temperatura al interior de la vivienda, todo ello sin la recurrente necesidad de manejar una orientación idónea pues en muchos de los casos direccionar la vivienda considerando la posición solar se vuelve difícil por la configuración urbana de la ciudad. Mientras que en la temperatura, si bien las simulaciones proyectan resultados dentro de la zona de confort, el estado actual de las viviendas muestra un promedio de 18,90°C valor ligeramente superior al mínimo establecido por la NEC (2011), en cambio en las viviendas mejoradas el promedio se ubicó en 20,56°C cercano al valor medio establecido por la norma, de esta manera se evidencia que las propuestas formales presentan menor pérdida de

calor en el año, independientemente de la envolvente.

Por otro lado se observó que las casas 2, 4 y 6 en su estado original, en especial, la 2 y 4, todas con formas intrincadas (extensión) y adosadas a un solo lado (contigüidad), a excepción de la 6 con un adosamiento continuo, presentan los valores más altos de consumo; mientras las propuestas formales de las mismas casas, presentaron mejores resultados reduciendo el consumo en un 49%, 59% y 44% respectivamente, e incluso se mantuvieron homogéneos al promedio de todas las viviendas, lo cual indica que al disminuir los quiebres (extensión) regulando la forma (proporción), se

modifica claramente el gasto energético pese al tipo de adosamiento, o porcentaje de perforación en la piel de la vivienda o su orientación.

También se puede observar en la comparativa de viviendas del factor forma (f.), que las propuestas formales presentan reducciones del 5% (vivienda 5) al 44% (vivienda 6); consecuentemente la vivienda 5 también tiene menor porcentaje de reducción en demanda energética mientras la vivienda 6 tiene mayor porcentaje de reducción en demanda de energía, lo que comprueba que el factor forma disminuye los gastos de energía por climatización; en tanto más cerca al cero mejor su desempeño energético.

"No basta con tener certificación energética. Basta que el entorno de un edificio se perciba, se sienta y se use como amigable, fraterno, produzca sombra, produzca belleza."

Solano Benítez



Luego de realizar el presente análisis se verificó que la forma tiene un porcentaje apreciable de influencia en el desempeño energético de las viviendas, para acondicionarlos climáticamente, apoyados en información técnica y datos concluyentes, se muestra una visión concreta del panorama real sobre la situación de habitabilidad en la ciudad. Sin embargo, es imprescindible acotar algunas recomendaciones que pueden complementar la información obtenida hasta el momento y mejorar la precisión de los resultados con el objetivo de seguir mejorando las condiciones de habitabilidad, entre ellas mencionamos lo siguiente:

- Para diseñar la forma de una vivienda eficientemente se debería: en altura optar por un piso; incrementar la contigüidad; preferir el diseño en proporción (1:2); disminuir la extensión en lo posible, es decir, menor número de caras, pues así se disminuye la superficie expuesta, lo que se traduce en un menor índice de factor forma y por lo tanto una menor demanda energética.

- Aumentar el inventario de la muestra para catalogar con mayor exactitud las tipologías vigentes del área urbana de la ciudad; esto podría darle rigurosidad a futuros análisis.
- Se puede realizar otros estudios afines como la incidencia del porcentaje de perforación sobre la piel (ventanas) o de infiltración, en las tipologías estudiadas y observar el comportamiento de la demanda energética y confort (térmico-lumínico).
- El gasto estimable de calefacción para la climatización de las viviendas, es un indicador importante de frecuente optimización, por ello se recomienda la utilización de materiales que tengan superiores propiedades térmicas o mejor calidad constructiva para captar mayores ganancias solares, reduciendo en lo posible las horas/uso con sistemas mecánicos de calefacción.
- Para mejorar la iluminación se recomienda reducir la superficie en planta usando en lo posible

4.2 RECOMENDACIONES



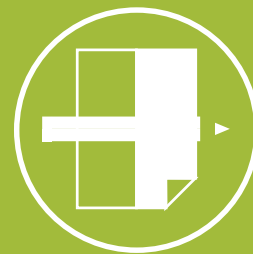
una proporción 1:2 para el caso de viviendas de un piso, y adosamiento continuo, complementado con lucernarios.

- Es importante que se pueda desarrollar una guía de simulación energética como instrumento de predicción, donde se ponga las consideraciones necesarias para la configuración de datos según la zona de estudio, si bien los programas de simulación energética presentan una

configuración por default, estas son especificadas para las condiciones de sus países de origen de acuerdo a sus propios estándares de control. La normativa nacional abarca varios puntos sobre la eficiencia energética pero aún presenta un déficit de información necesaria que facilite la calibración del software con base de datos acorde a nuestra situación particular, lo que mejorará la calidad de la investigación en proyectos de arquitectura eficiente.

"No han ganado la guerra sino una batalla: el futuro de la energía son el ahorro , la eficiencia y las renovables y pueden aplazar ese futuro pero no podrán evitarlo."

Sergio Otto





BIBLIOGRAFIA

- Acuña, M. B. (2007). Forma y espacio. Representación gráfica de la arquitectura (2da ed.). Mexico, D.F.: Universidad Iberoamericana.
- AlAnzi, A., Seo, D., & Krarti, M. (2009). Impact of building shape on thermal performance of office buildings in Kuwait. *Energy Conversion and Management*, 50(3), 822-828. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.09.033>
- ARCONEL, B. (2016). Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Quito: La Agencia de Regulación y Control de Electricidad Retrieved from <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/08/Estad%C3%ADstica-anual-y-multianual-sector-el%C3%A9ctrico-2016.pdf>.
- Arízaga, E. S. U. (2015). Eficiencia del consumo eléctrico en el sector residencial urbano de Cuenca. (Ingeniero Tesis Previa a la Obtención del Título de Magister), Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Bacon, E. N. (1974). Design of Cities. Original de Michigan: Thames & Hudson.
- Banco, M. (2015). Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita).
- Baquero, L. M. T., & Quesada, M. J. F. (2016). Eficiencia energética en el sector residencial de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, Volumen 7 No. 2 (Universidad de Cuenca), 147-165.
- Baquero, M. (2013). Diseño bioclimático de viviendas multifamiliares en la Ciudad de Cuenca. (Arquitecta Tesis de Grado), Universidad de Cuenca, Cuenca. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4539> (TA;781)
- Behrman, D. (1979). Solar Energy: The



- Awakening Science. New York: Routledge
- BEN. (2015). Balance Energético Nacional. Quito-Ecuador: Retrieved from www.regulacionelectrica.gob.ec.
- BID. (2012). La Guía A - Programas de Financiamiento de Eficiencia Energética. Eficiencia Energética.
- BID. (2014). Cuenca ciudad sustentable: Plan de acción. from <http://www.iadb.org/es/temas/ciudades-emergentes-y-sostenibles/alcalde-marcelo-cabrera-presenta-plan-de-accion-de-cuenca,18592.html>
- Brunsgaard, C., Heiselberg, P., Knudstrup, M-A., & Larsen, T.S. (2012). Evaluation of the Indoor Environment in the Comfort Houses: Qualitative and Quantitative Approaches. DOI: 10.1177/1420326X11431739
- Bustamante, W. (2009). Guía de Diseño Para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social Tecnología de la Construcción (2009 ed.). Santiago de Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo. División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (minvu) y Programa País de Eficiencia Energética (cne).
- Bustamante, W., Rozas, Y., CEPEDA, R., ENCINAS, F., & MARTINEZ, P. (2009). Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social. Santiago, Ministerio de Vivienda y Urbanismo división Técnica de Estudio y Fomento Habitacional y Programa País de Eficiencia Energética (CNE).
- Carpio, C., & Coviello, M. (2013). Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio.
- Celis Damico, F., Garcia Alvarado, R., Trebilcock Kelly, M., Escorcía Oyola, O., Miotto Bruscatto, U., &

- Díaz, M. (2012). Análisis energético de las viviendas del centro-sur de Chile. *Arquitecturarevista*, 8(1), 62-75.
- Centrosur. (2016). Energía consumida. Cuenca: Retrieved from <http://www.centrosur.gob.ec/?q=energia-consumida>.
- D.N.H. (2008). Coordinación de Liquidación y Estadística. Quito.
- Danielski, I. (2011). Energy variations in apartment buildings due to different shape factors and relative size of common areas. Paper presented at the World Renewable Energy Congress-Sweden; 8-13 May; 2011; Linköping; Sweden.
- Depecker, P., Menezes, C., Virgone, J., & Lepers, S. (2001). Design of buildings shape and energetic consumption. *Building and Environment*, 36(5), 627-635. doi: [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(00\)00044-5](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(00)00044-5)
- ENEMDU "Encuesta Nacional de Empleo, D. y. S. (2012). Módulo de Información Ambiental en Hogares Diciembre 2012. Quito-Ecuador: INEC Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Ambientales2012junio/Presentacio_Junio%202012.pdf.
- (ERG), E. R. G. (2007a). *Un Vitruvio ecológico: Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible* (Vol. VI). Barcelona: Barcelona
- García Alvarado, R., & González, A. (2014). Condiciones de forma y desempeño energético de viviendas unifamiliares en el centro-sur de Chile. *Revista INVI*, 29, 111-141.
- García Alvarado, R., Trebilcock Kelly, M., & Soto Muñoz, J. (2013). Mejoramiento ambiental de viviendas urbanas unifamiliares en centro-sur de Chile. *Arquitectura y Urbanismo*, 34, 39-48.
- García-Alvarado, R., González, A., Bustamante, W., Bobadilla, A., & Muñoz, C. (2014). Características relevantes de la simulación energética de viviendas unifamiliares. *Informes de la Construcción*, 66(533), e005. doi:<http://dx.doi.org/10.3989/>



ic.12.108

- Guerra Menjívar, M. R. (2013). *Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones ING-NOVACIÓN*. Revista semestral de ingeniería e innovación de la Facultad de Ingeniería. El Salvador: Universidad Don Bosco.
- Hagan, S. (2007). *Taking Shape: A New Contract Between Architecture and Nature* (Routledge Ed.). Londres, UK: Taylor & Francis.
- Hosey, L. (2012). *The Shape of Green: Aesthetics, Ecology, and Design*. Washington: Island Press.
- INAMHI. (2014). *Anuario Meteorológico*. Quito - Ecuador: INAMHI Retrieved from <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>.
- INEC. (2010). *Vivienda Quito*: Retrieved from www.ecuadorencifras.com o www.inec.gov.ec.
- INEC. (2013). *Encuestas de Edificaciones 2013 Permisos de Construcción (2000-2013)*. Quito.
- INEC. (2014a). *Anuario de Edificaciones 2014 (Permisos de Construcción)*. Quito-Ecuador: Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2014/Edificaciones2014_Presen.pdf.
- INEC. (2014b). *Información ambiental en hogares*. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares_2014/Documento_tecnico_Modulo_Ambiental_Hogares_2014.pdf.
- INEC. (2016). *Base de datos censo 2016 Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador*. Quito.
- INEC. (2017). *Módulo de Información Ambiental en Hogares*. Quito - Ecuador: Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares_2017/DOC_TEC_MOD_AMBIENTAL_ENEMDU%202017.pdf.
- INER. (2014). *Eficiencia Energética en Edificaciones* Quito, Ecuador:

- Retrieved from www.iner.gob.ec.
- INER. (2016). Análisis de oportunidades de investigación, desarrollo e innovación en eficiencia energética y energías renovables en Ecuador. Un enfoque desde el sector académico. (pp. 168). Quito.
- INER, Palme, M., Lobato, A., Gallardo, A., Beltrán, R. D., Castillo, J., . . . Godoy, F. (2015). Estrategias para Mejorar las Condiciones de Habitabilidad y el Consumo de Energía en Viviendas Quito-Ecuador: INER Retrieved from www.iner.gob.ec.
- Liebard, A., & De Herde, A. (2003). Guide de l'architecture bioclimatique-tomme 3: construire en climat chaud-édition LEARNET «Observ'ER»: Paris.
- López, J. (2016). Planeta eficiente, planeta consciente. Eficiencia energética y desarrollo sostenible. Cuenca: WWF, OLADE, INTI.
- Martinez, N. (2015). Del rendimiento eficiente a la forma ecológica. Por una arquitectura redundante. Revista Europea de Investigación, REIA, #3, p-224.
- Martínez, P. (2010). Usos finales de energía eléctrica y GLP en el cantón Cuenca. Escenarios al año 2015. (masterThesis), Universidad de Cuenca, Cuenca. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2616>
- Martínez, R., Javier, F., Velasco Gómez, E., León Medina, S. d., & Varela Díez, F. (2010). Eficiencia energética en edificios : certificación y auditorías energéticas. Madrid: Thomson-Paraninfo.
- NEC. (2011). Norma Ecuatoriana de la Construcción EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR (pp. 44). QUITO, Ecuador.
- Neufert , E. (1995). Arte de proyectar en arquitectura: fundamentos, normas y prescripciones sobre construcción, dimensiones de edificios, locales y utensilios, instalaciones, distribución y programas de necesidades (G. Gili Ed.). México.
- OCDE/AIE.(2015). Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas. International Energie Agency.



- Olgyay, V. (1998). *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas* (G. Gili Ed.). Barcelona.
- Pacheco, R., Ordóñez, J., & Martínez, G. (2012). Energy efficient design of building: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3559-3573.
- Porto, J. P., & Merino, M. (2010). Definición de Extensión. Retrieved 08/05/2018, from <https://definicion.de/extension/>
- Programa THERMIE, Sanmiguel S., & Hernández Pezzi, C. (2010). *Un vitruvio ecológico: Principios práctica del proyecto arquitectónico sostenible / Programa THERMIE* (S. Sanmiguel, Trans. C. H. Pezzi Ed. Gustavo Gili. ed. Vol. 5). Barcelona: .
- Raji, B., Tenpierik, M., & Van Den Dobbelsteen, A. (2017). Early-Stage Design Considerations for the Energy-Efficiency of High-Rise Office Buildings. *Sustainability*, 9(4), 623.
- Ramírez, V. E. R., & Rodas, M. F. A. (2016). *Manifestaciones Estéticas de la Arquitectura Moderna*. Fundación Academia de Dibujo Profesional, n° 18, p-92.
- Serra, R., & Coch, H. (1995). *Arquitectura y energía natural* (Universitat Politècnica de Catalunya ed.). Barcelona.
- VERDE_NE. (2012). *Guía para los Evaluadores Acreditados GEA VERDE NE, Residencial y Oficinas* (Vol. 1.a, pp. 398). España: Green Building Council - España.
- Vilches, M. T. C. (2008). *La simulación energética como herramienta de predicción, normativa y de investigación en proyectos de arquitectura eficientes*. CONAMA, n° 9, p-24.

.....



ANEXOS



Anexo 1 / Simulaciones energéticas y
térmicas

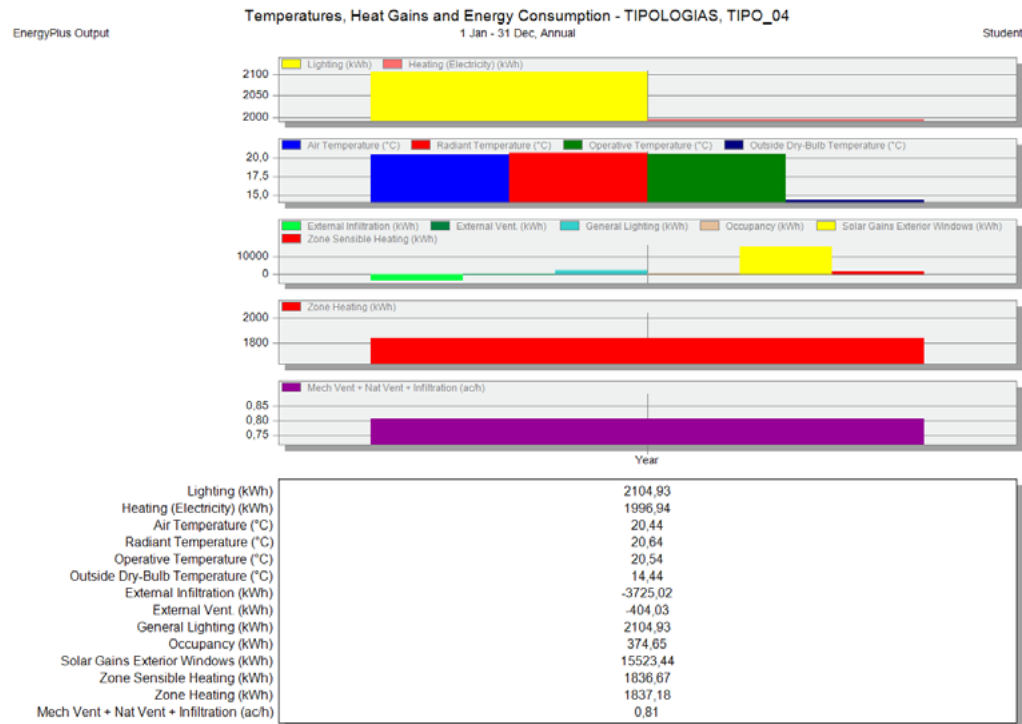
Anexo 2 / Simulaciones lumínicas

Anexo 3 / Simulaciones energéticas
y térmicas de los casos de
estudio

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: cuadrada

Altura: 1 piso

Tipología: aislada

Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	12.03	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	12.03	0.00

ANEXO 1.

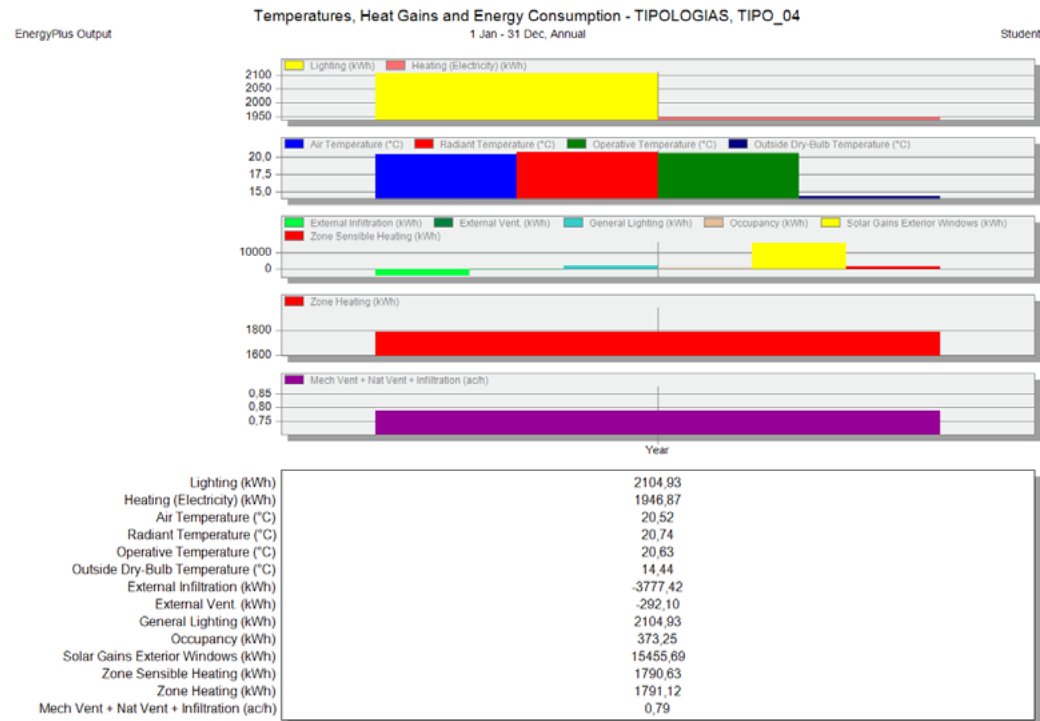
RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: cuadrada
Altura: 1 piso
Tipología: aislada
Orientación: este



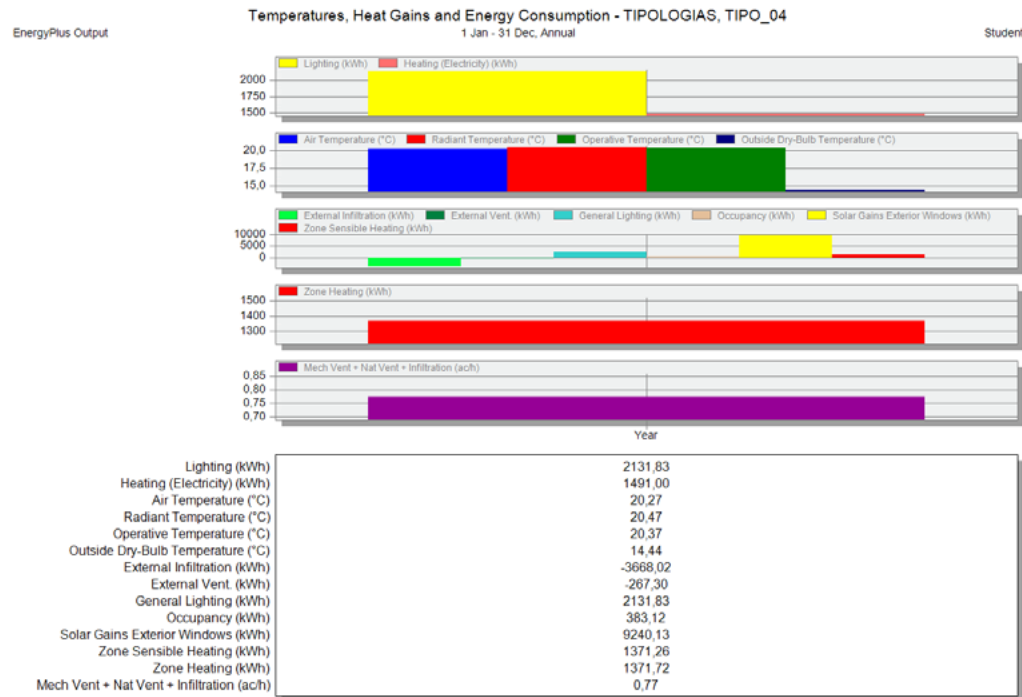
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	11.73	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	11.73	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: cuadrada

Altura: 1 piso

Tipología: continua

Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	8.87	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	8.87	0.00



ANEXO 1.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

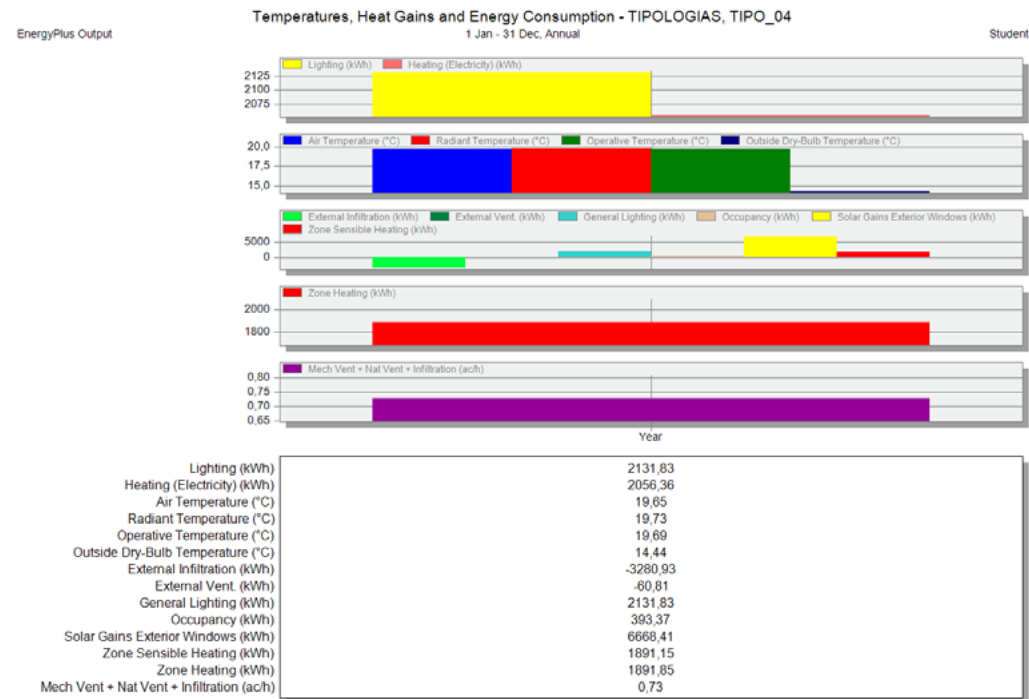
DATOS DEL MODELO

Forma: cuadrada

Altura: 1 piso

Tipología: continua

Orientación: este



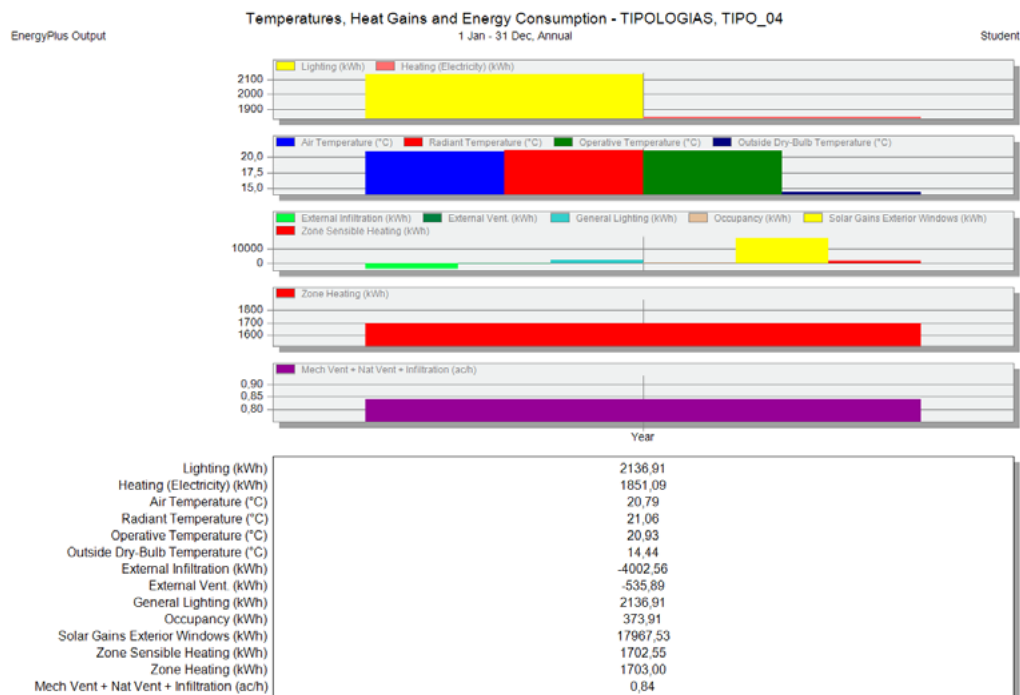
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	12.23	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	12.23	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: rectangular

Altura: 1 piso

Tipología: aislada

Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	10.98	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	10.98	0.00

ANEXO 1.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

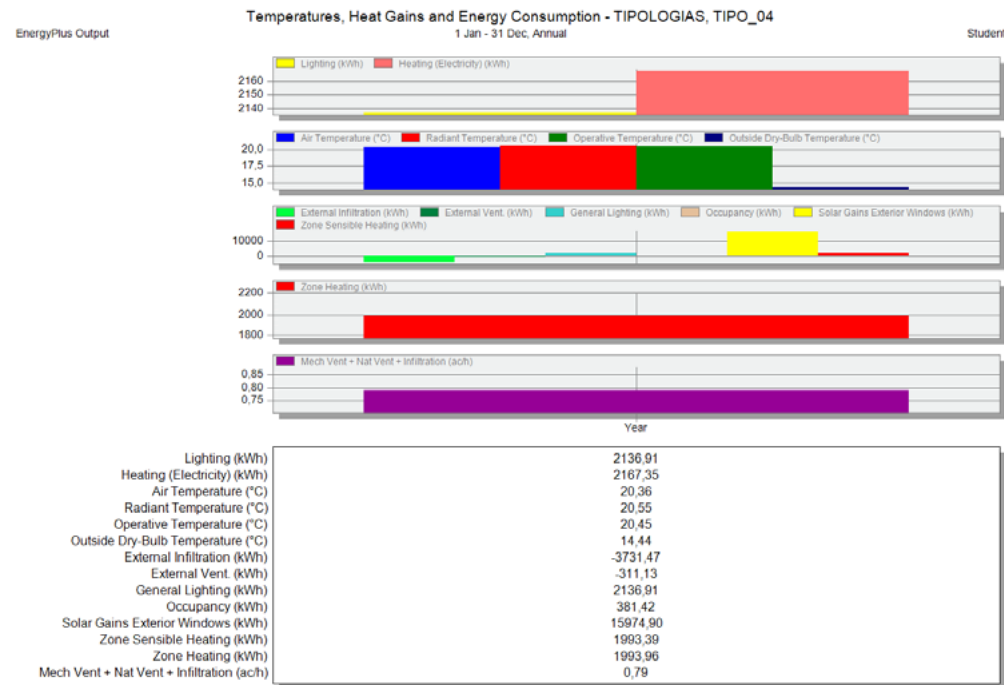
DATOS DEL MODELO

Forma: rectangular

Altura: 1 piso

Tipología: aislada

Orientación: este



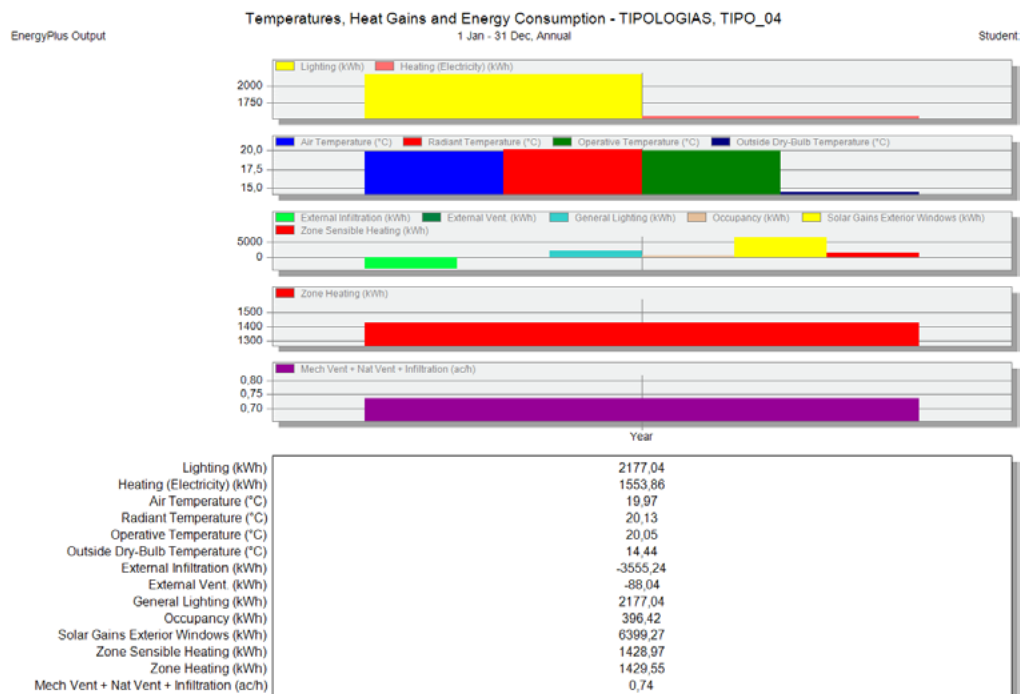
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m ²]	Natural Gas Intensity [kWh/m ²]	Additional Fuel Intensity [kWh/m ²]	District Cooling Intensity [kWh/m ²]	District Heating Intensity [kWh/m ²]	Water Intensity [m ³ /m ²]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	12.86	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	12.86	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: rectangular

Altura: 1 piso

Tipología: continua

Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	9.05	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	9.05	0.00



ANEXO 1.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

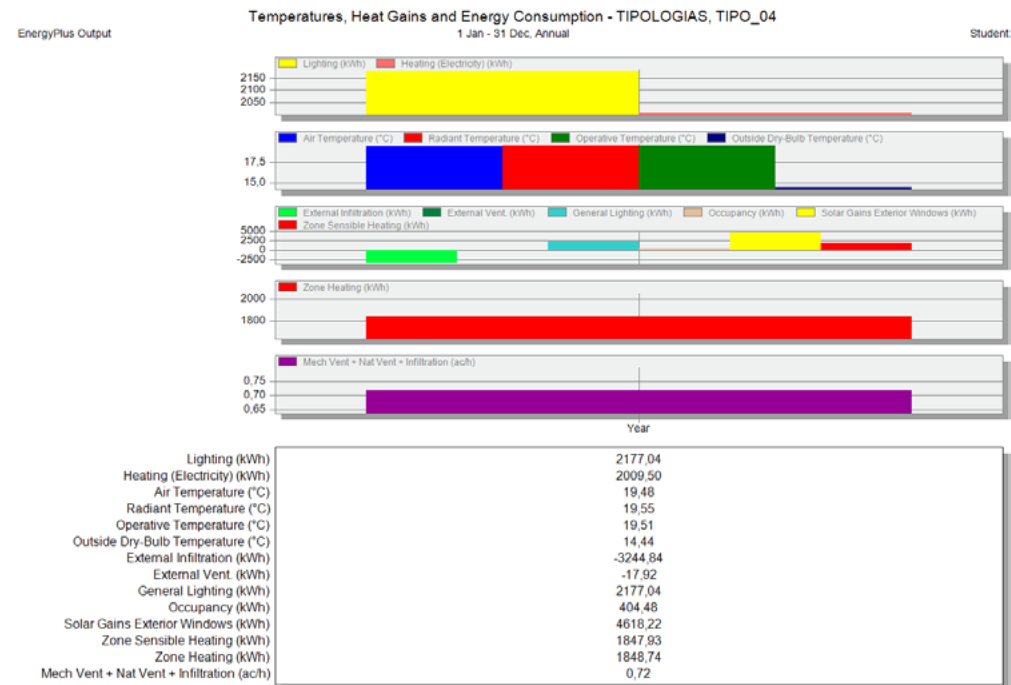
DATOS DEL MODELO

Forma: rectangular

Altura: 1 piso

Tipología: continua

Orientación: este



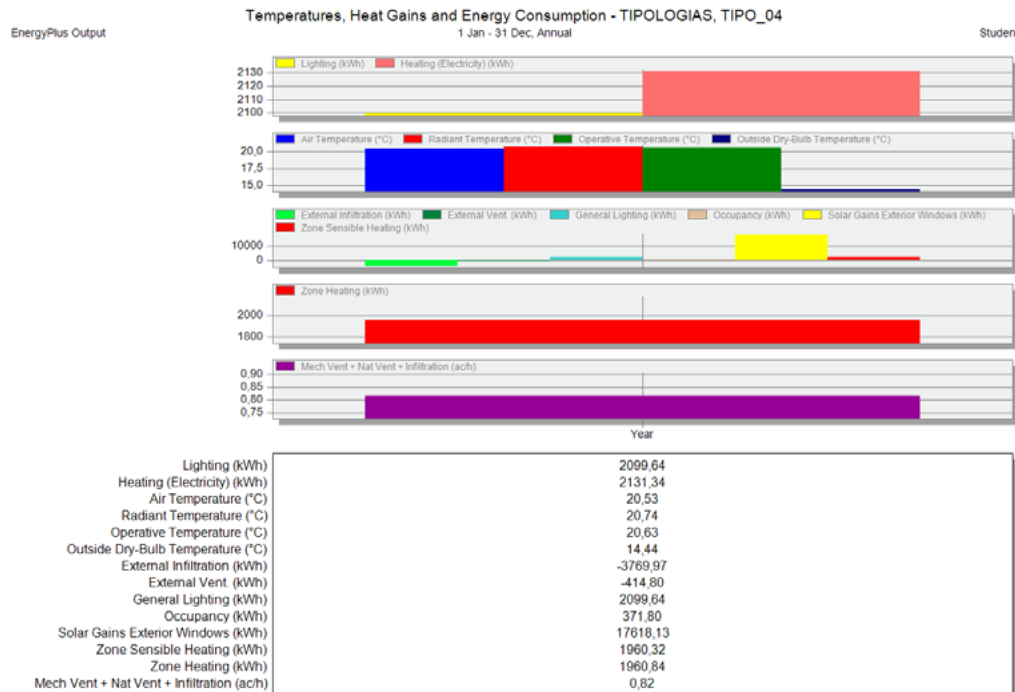
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	11.70	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	11.70	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: quebrada

Altura: 1 piso

Tipología: aislada

Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	12.87	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	12.87	0.00

ANEXO 1.

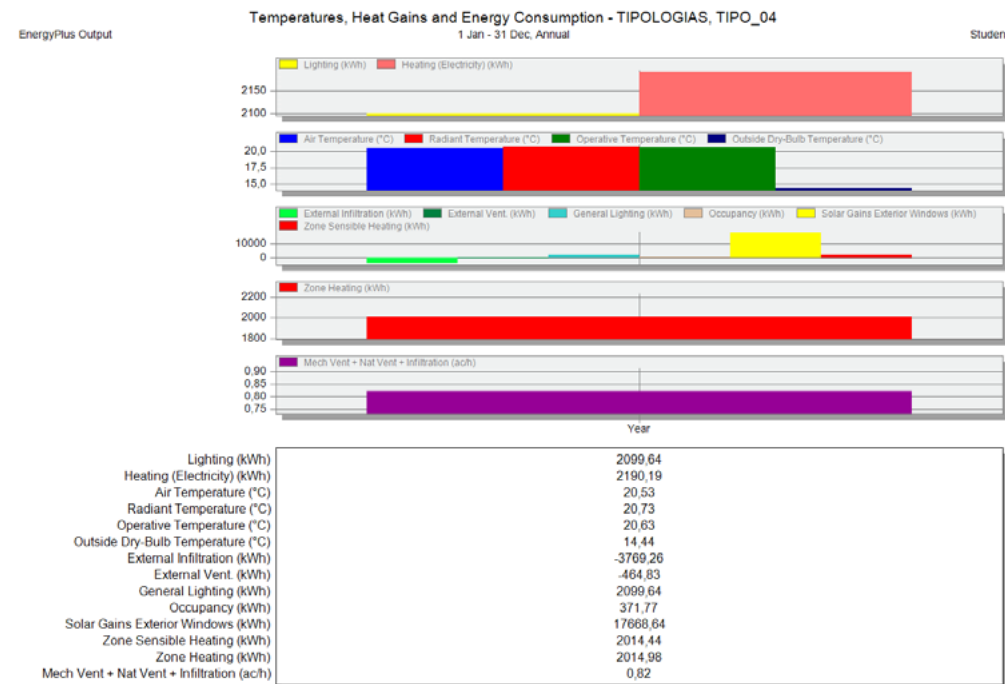
RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: quebrada
Altura: 1 piso
Tipología: aislada
Orientación: este



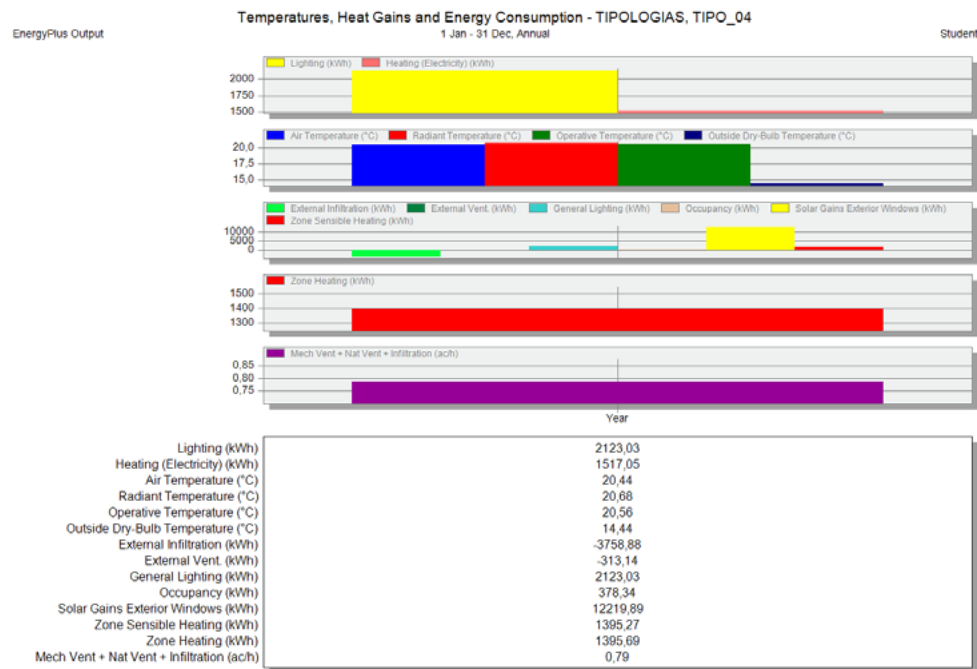
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m ²]	Natural Gas Intensity [kWh/m ²]	Additional Fuel Intensity [kWh/m ²]	District Cooling Intensity [kWh/m ²]	District Heating Intensity [kWh/m ²]	Water Intensity [m ³ /m ²]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	13.23	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	13.23	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: quebrada

Altura: 1 piso

Tipología: continua

Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	9.06	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	9.06	0.00



ANEXO 1.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

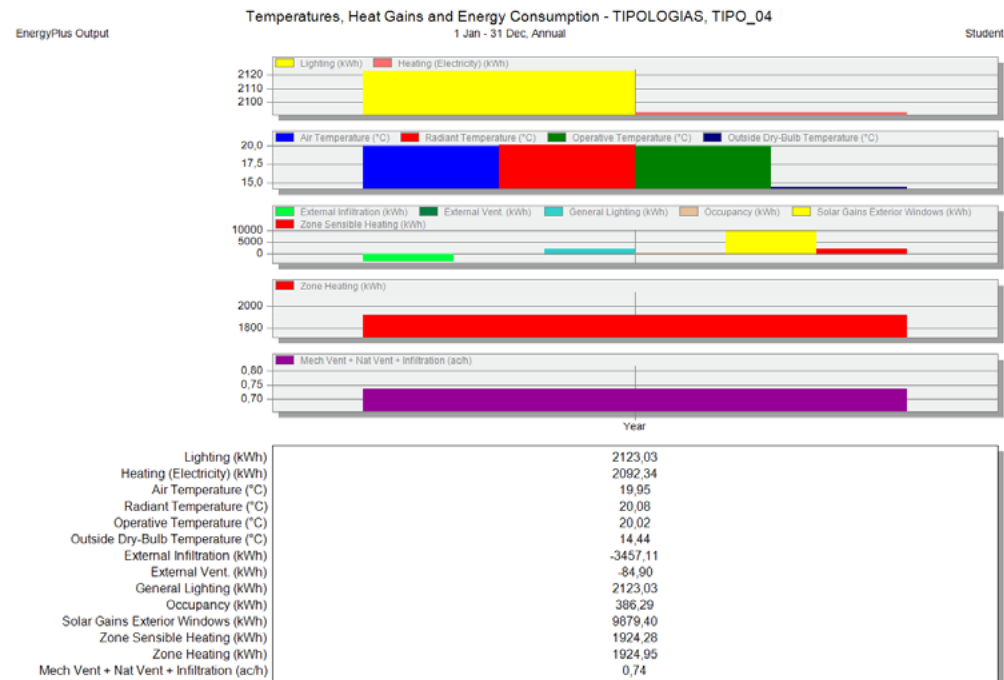
DATOS DEL MODELO

Forma: quebrada

Altura: 1 piso

Tipología: continua

Orientación: este



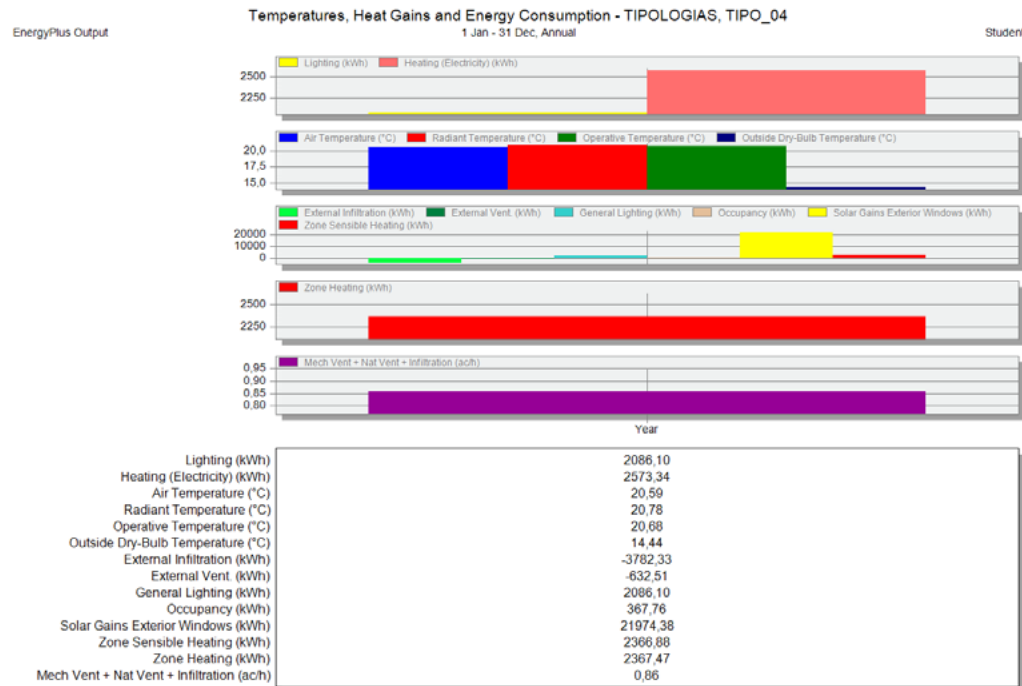
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	12.50	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO
Forma: doble-quebrada
Altura: 1 piso
Tipología: aislada
Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	15.64	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	15.64	0.00



ANEXO 1.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

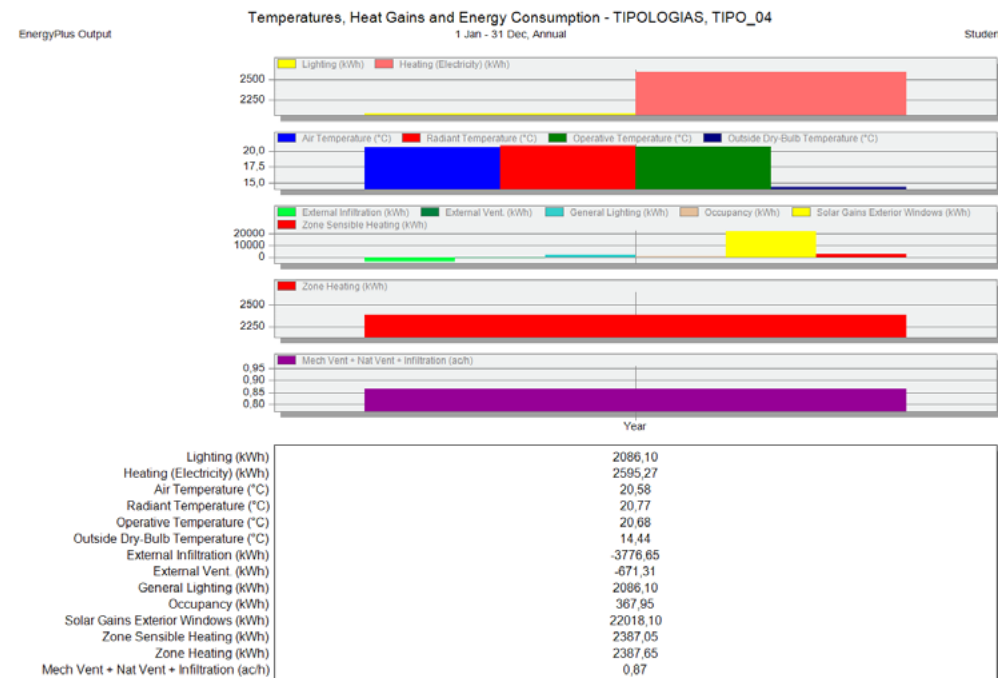
DATOS DEL MODELO

Forma: doble-quebrada

Altura: 1 piso

Tipología: aislada

Orientación: este



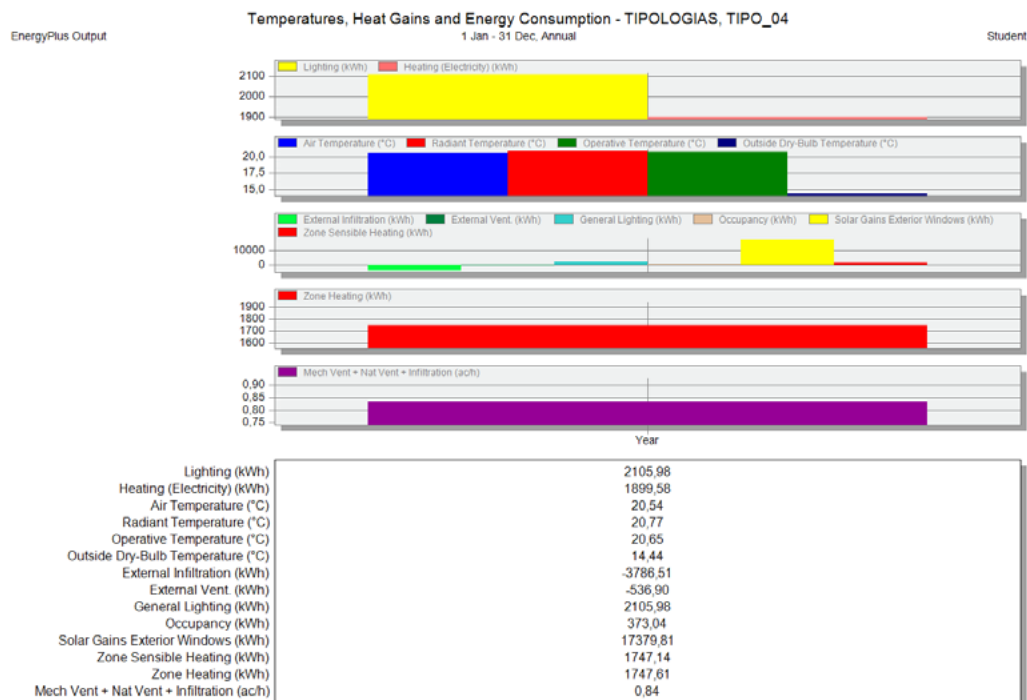
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	15.77	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	15.77	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO
Forma: doble-quebrada
Altura: 1 piso
Tipología: continua
Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	11.44	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	11.44	0.00



ANEXO 1.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

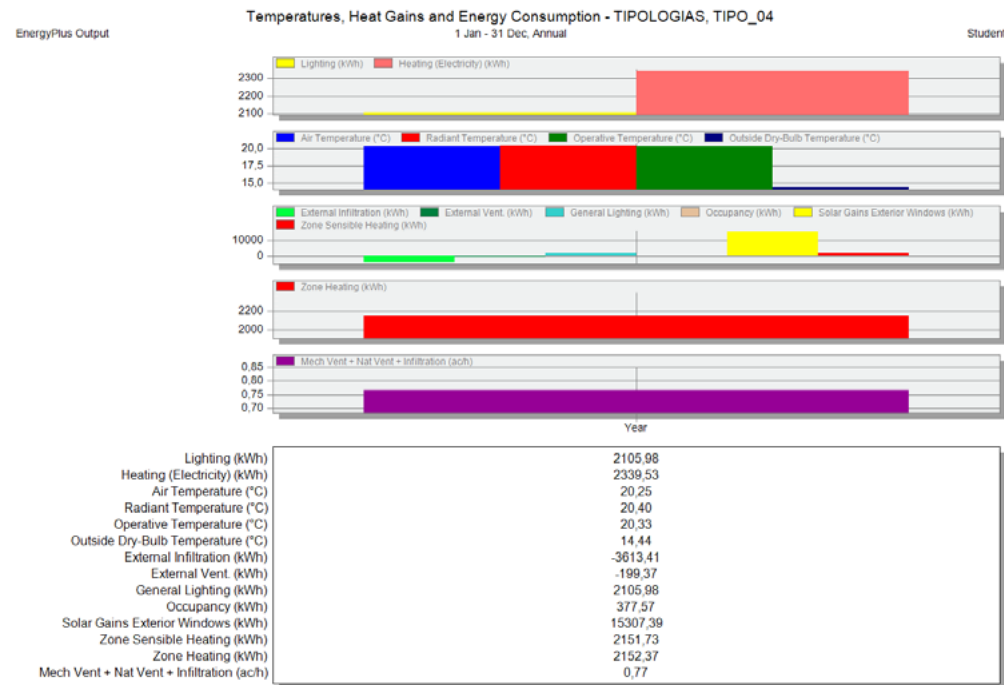
DATOS DEL MODELO

Forma: doble-quebrada

Altura: 1 piso

Tipología: continua

Orientación: este



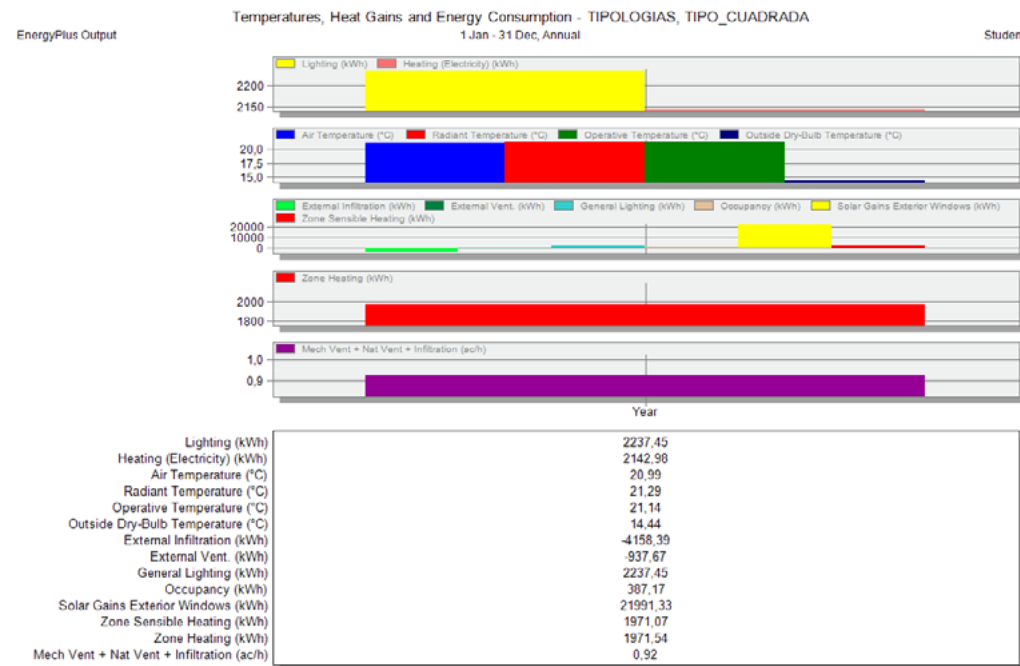
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m ²]	Natural Gas Intensity [kWh/m ²]	Additional Fuel Intensity [kWh/m ²]	District Cooling Intensity [kWh/m ²]	District Heating Intensity [kWh/m ²]	Water Intensity [m ³ /m ²]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	14.08	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	14.08	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: cuadrada

Altura: 2 pisos

Tipología: aislada

Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	12.14	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	12.14	0.00

ANEXO 1.

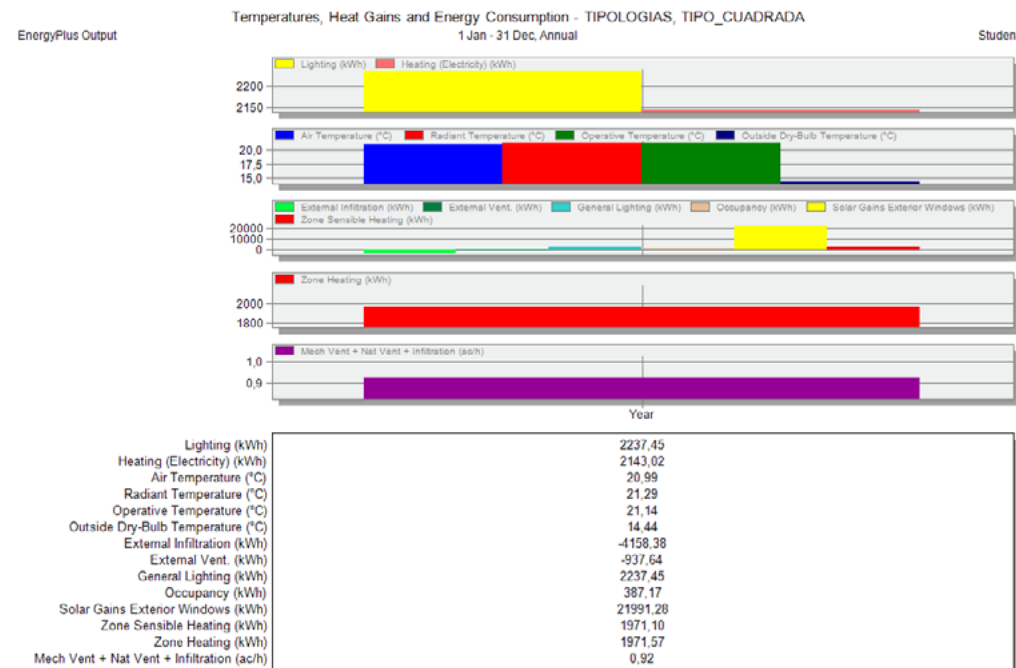
RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: cuadrada
Altura: 2 pisos
Tipología: aislada
Orientación: este



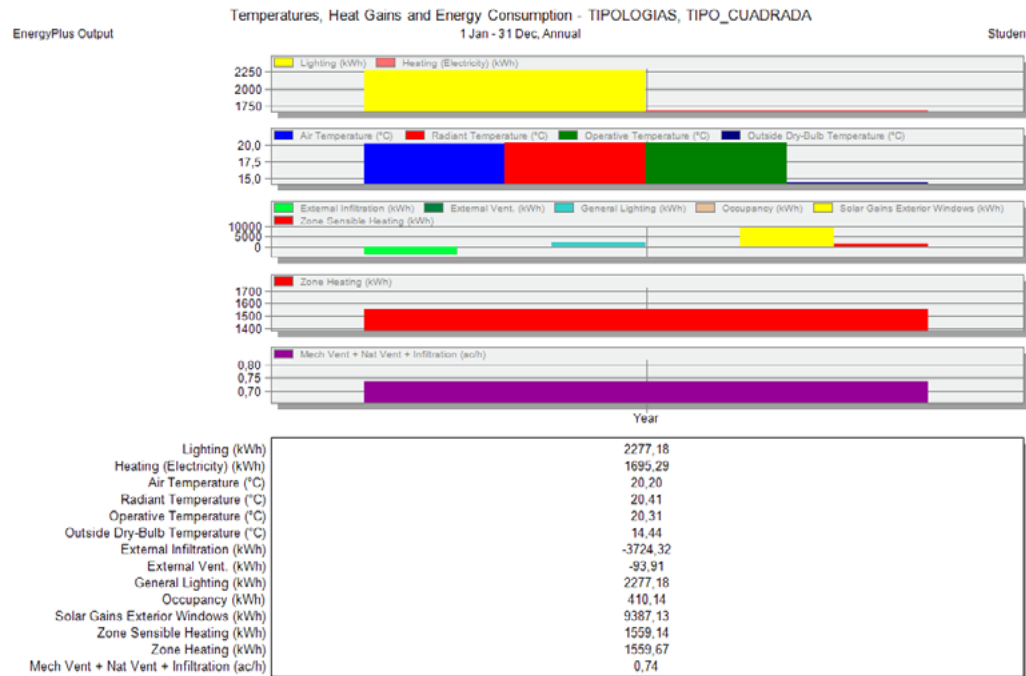
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m ²]	Natural Gas Intensity [kWh/m ²]	Additional Fuel Intensity [kWh/m ²]	District Cooling Intensity [kWh/m ²]	District Heating Intensity [kWh/m ²]	Water Intensity [m ³ /m ²]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	12.14	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	12.14	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: cuadrada

Altura: 2 pisos

Tipología: continua

Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	9.44	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	9.44	0.00

ANEXO 1.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

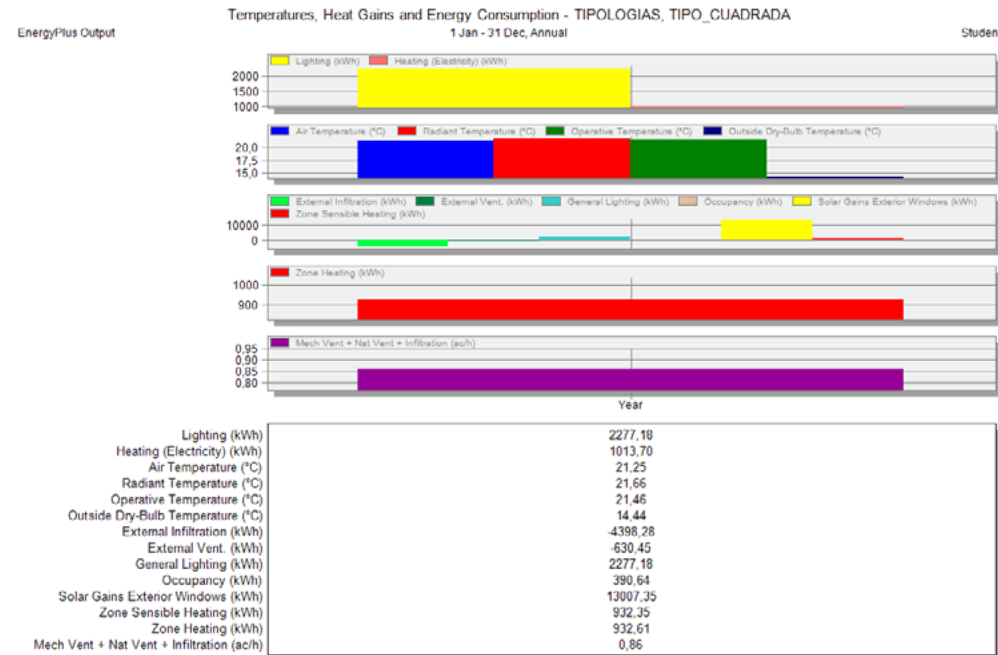
DATOS DEL MODELO

Forma: cuadrada

Altura: 2 pisos

Tipología: continua

Orientación: este



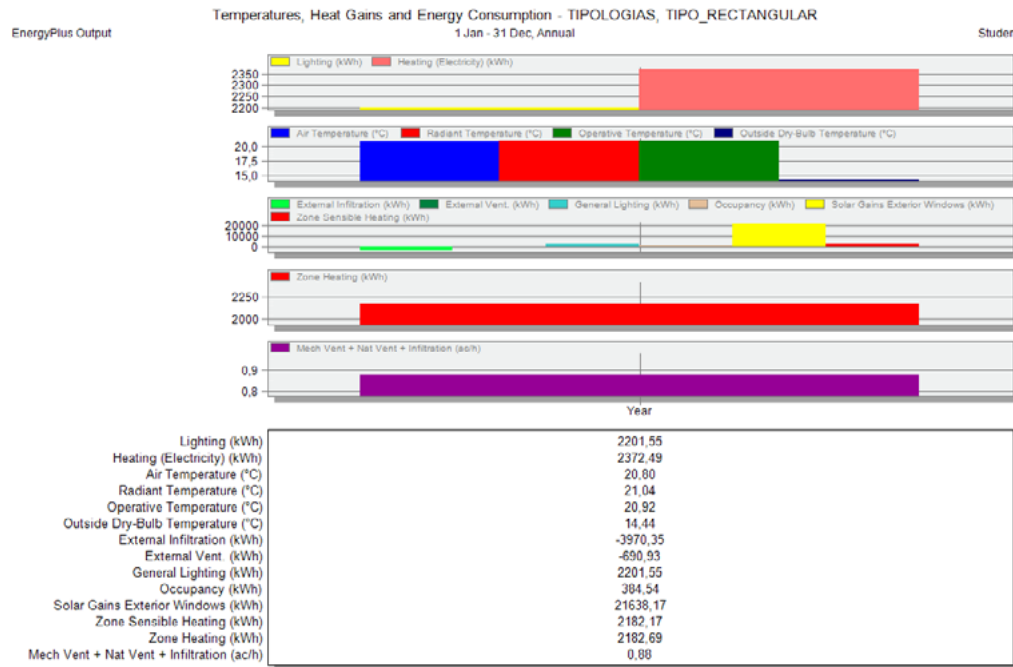
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	5.64	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	5.64	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: rectangular

Altura: 2 pisos

Tipología: aislada

Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	13.66	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	13.66	0.00

ANEXO 1.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

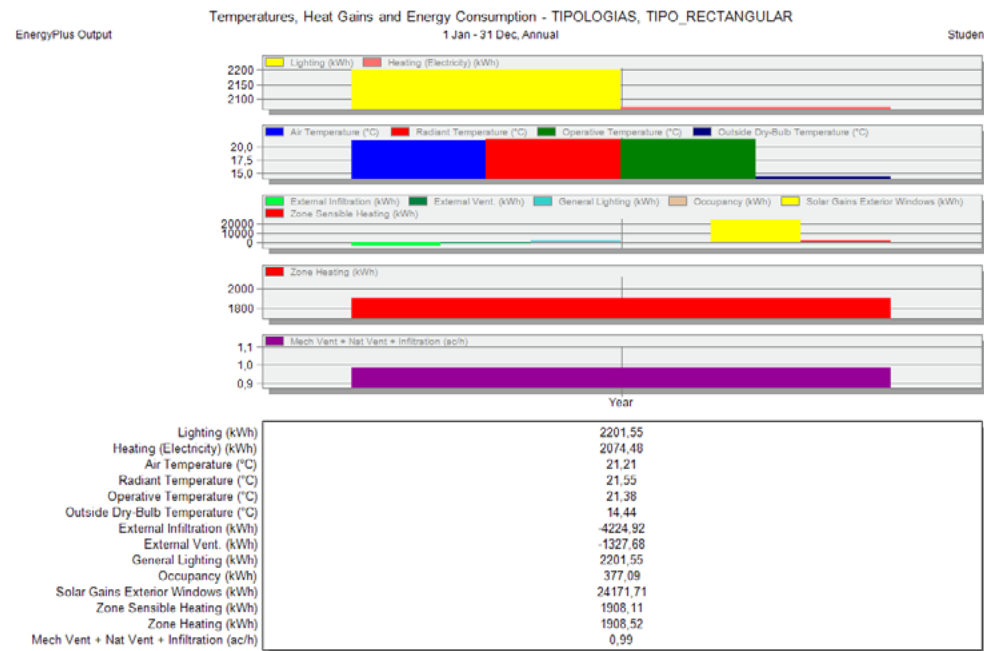
DATOS DEL MODELO

Forma: rectangular

Altura: 2 pisos

Tipología: aislada

Orientación: este



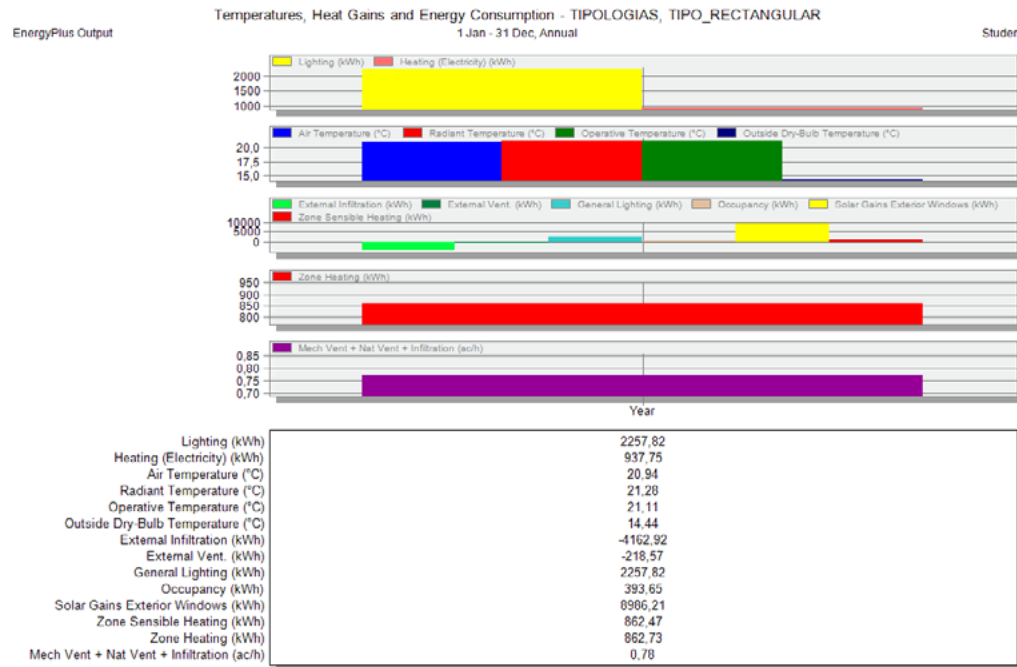
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m ²]	Natural Gas Intensity [kWh/m ²]	Additional Fuel Intensity [kWh/m ²]	District Cooling Intensity [kWh/m ²]	District Heating Intensity [kWh/m ²]	Water Intensity [m ³ /m ²]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	11.95	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	11.95	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: rectangular

Altura: 2 pisos

Tipología: continua

Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	5.27	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	5.27	0.00



ANEXO 1.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

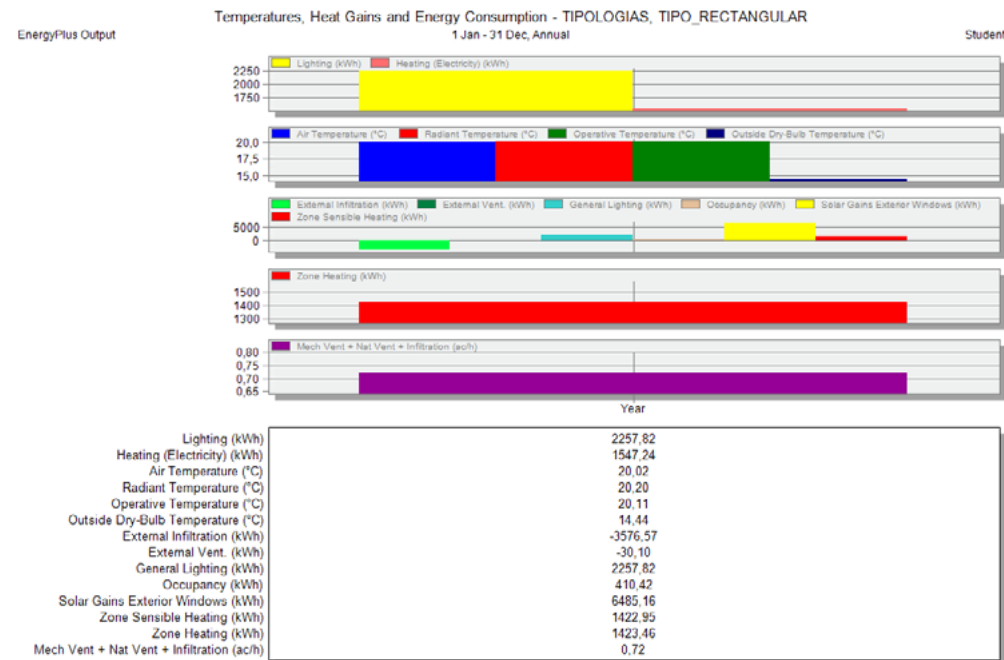
DATOS DEL MODELO

Forma: rectangular

Altura: 2 pisos

Tipología: continua

Orientación: este



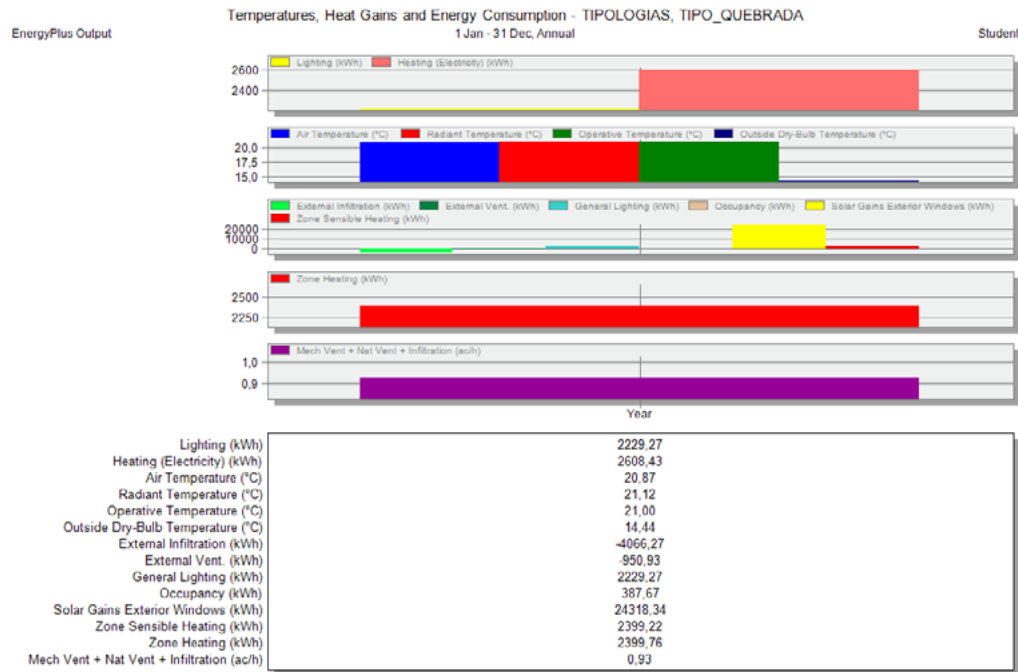
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	8.69	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	8.69	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: quebrada

Altura: 2 pisos

Tipología: aislada

Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	14.83	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	14.83	0.00

ANEXO 1.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

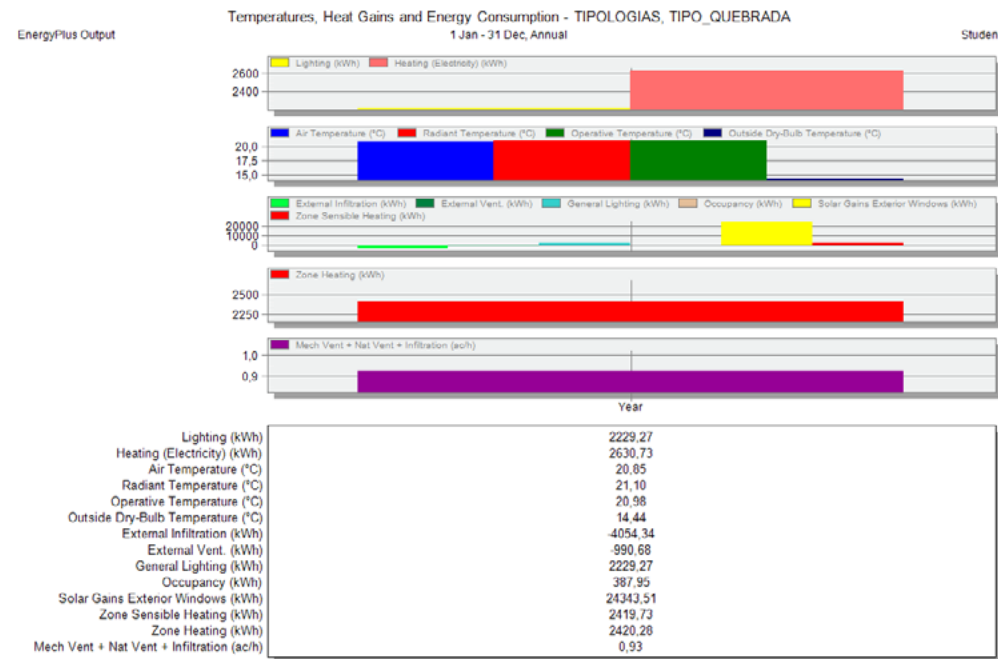
DATOS DEL MODELO

Forma: quebrada

Altura: 2 pisos

Tipología: aislada

Orientación: este



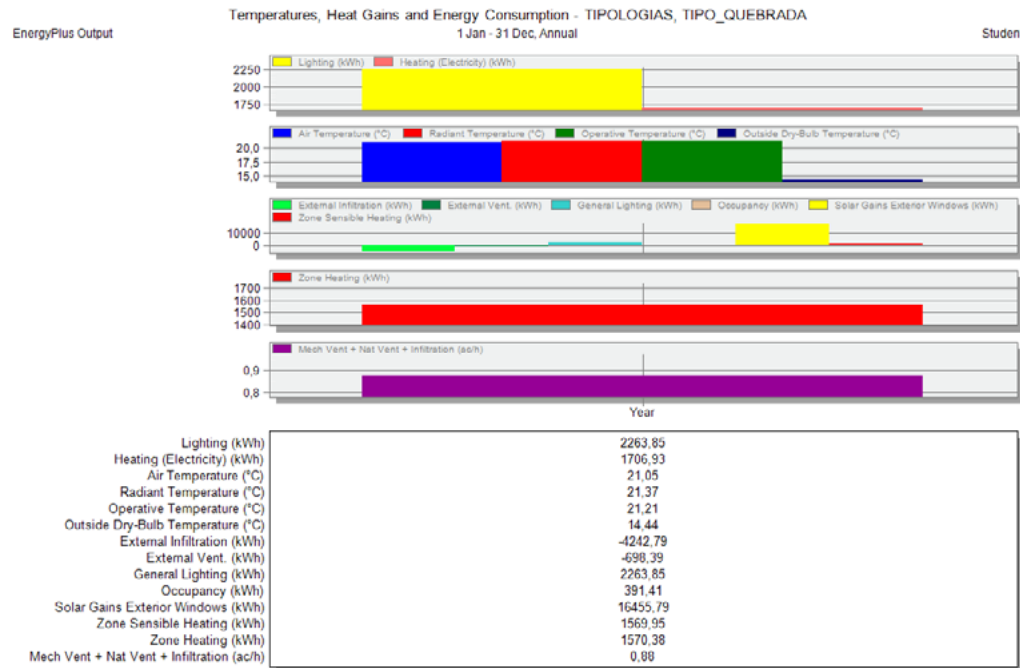
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	14.96	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	14.96	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: quebrada

Altura: 2 pisos

Tipología: continua

Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	9.56	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	9.56	0.00



ANEXO 1.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

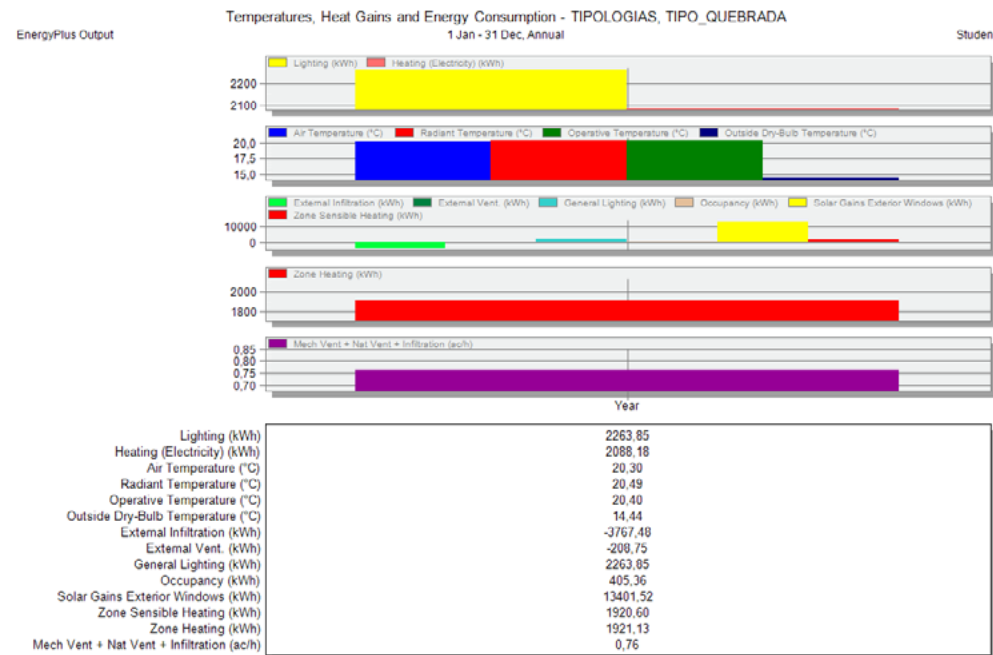
Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: quebrada
Altura: 2 pisos
Tipología: continua
Orientación: este



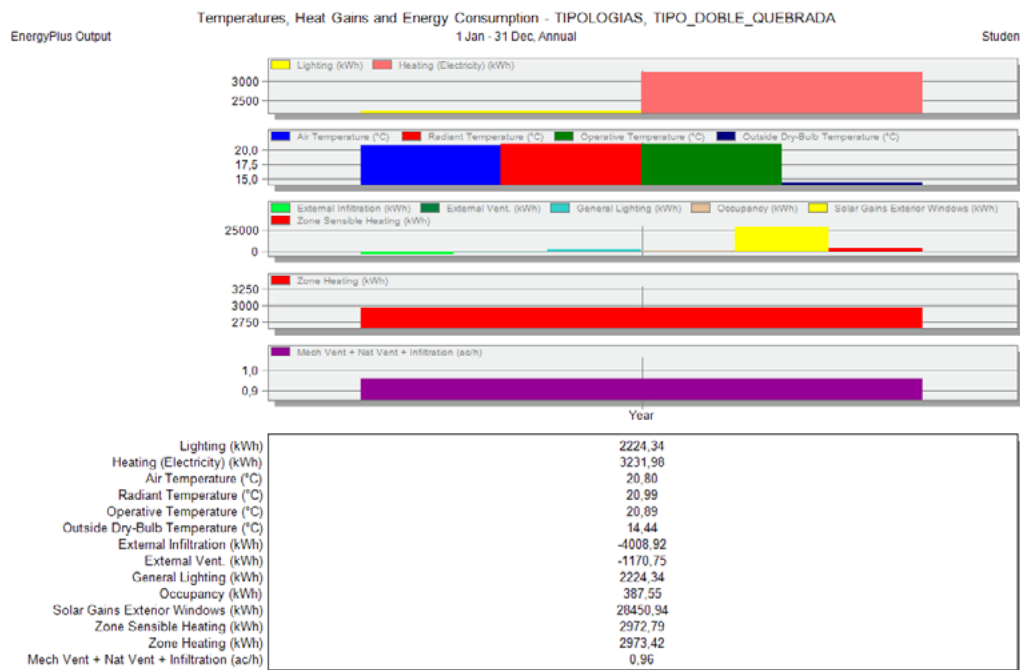
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	11.69	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	11.69	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO
Forma: doble-quebrada
Altura: 2 pisos
Tipología: aislada
Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	18.42	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	18.42	0.00

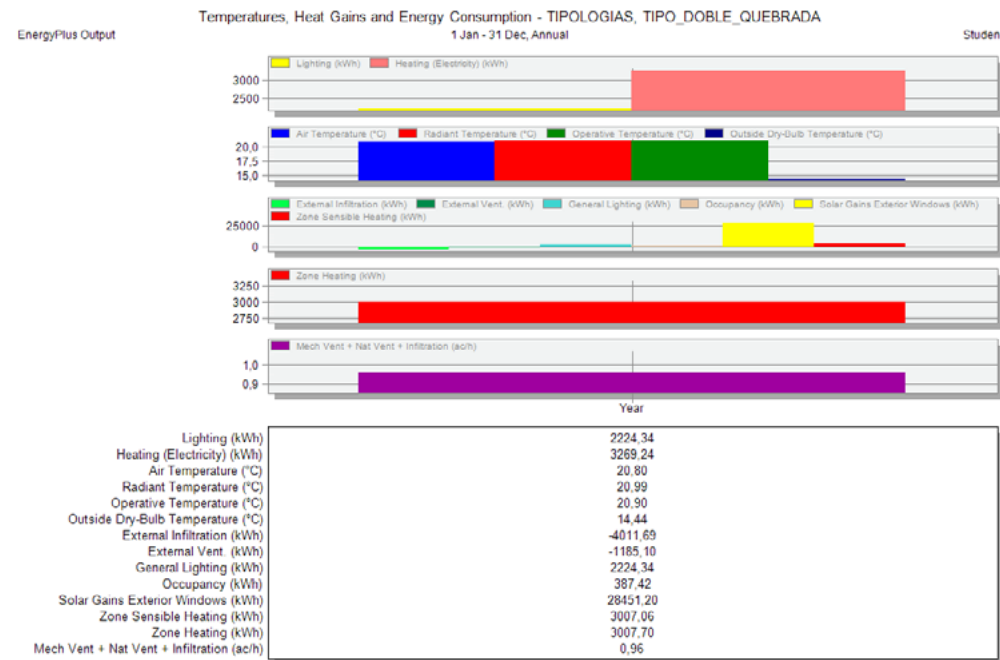
ANEXO 1.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO
Forma: doble-quebrada
Altura: 2 pisos
Tipología: aislada
Orientación: este



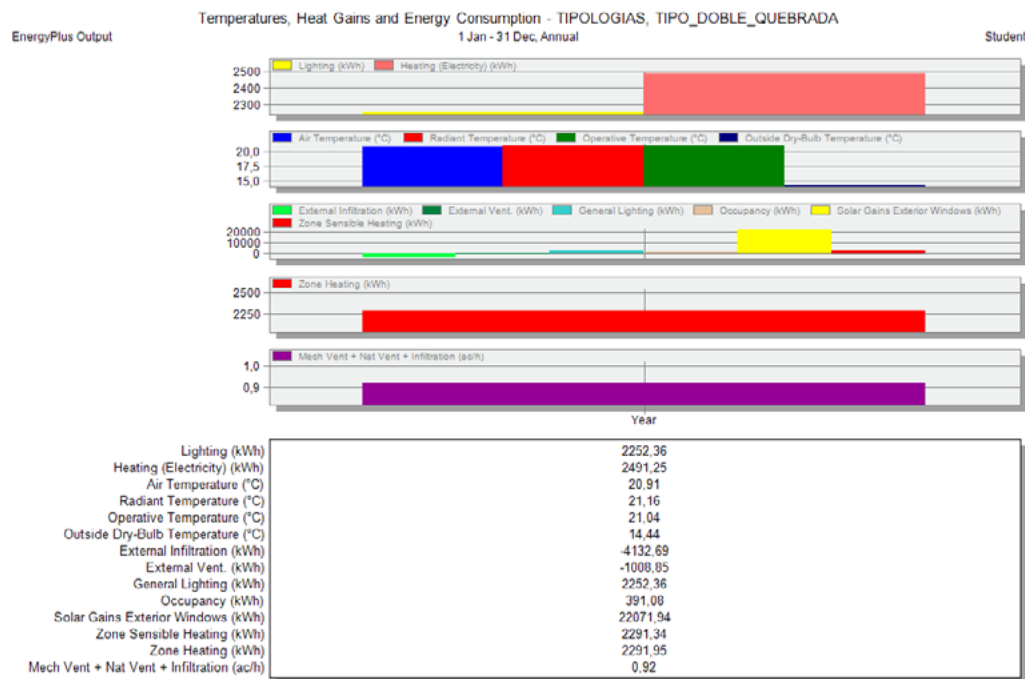
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	18.63	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	18.63	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 1.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO
Forma: doble-quebrada
Altura: 2 pisos
Tipología: continua
Orientación: norte

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	14.02	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	14.02	0.00

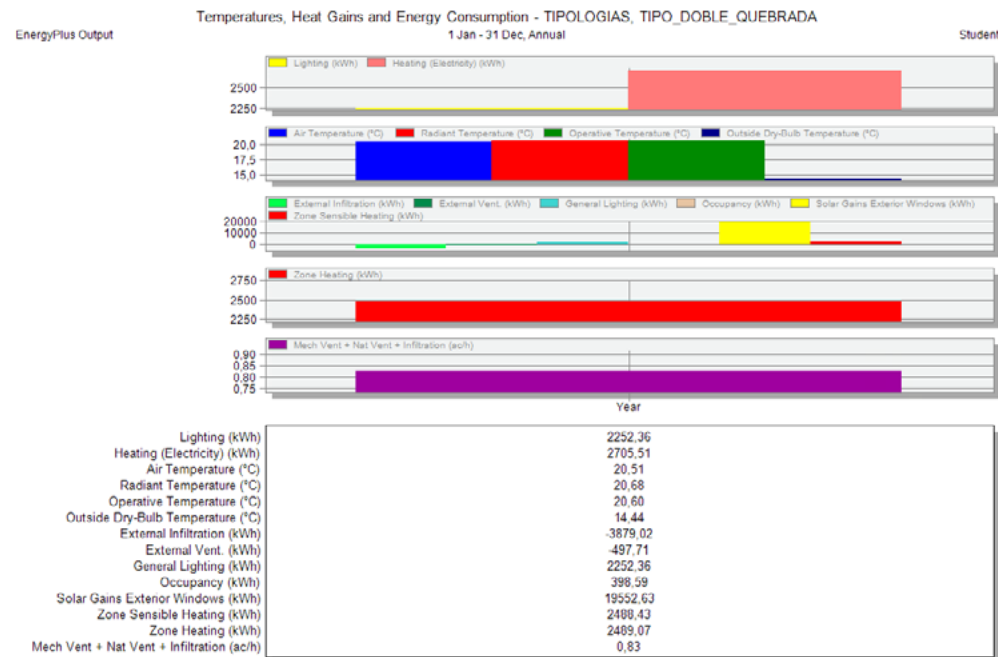
ANEXO 1.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS

DATOS DEL MODELO
Forma: doble-quebrada
Altura: 2 pisos
Tipología: continua
Orientación: este



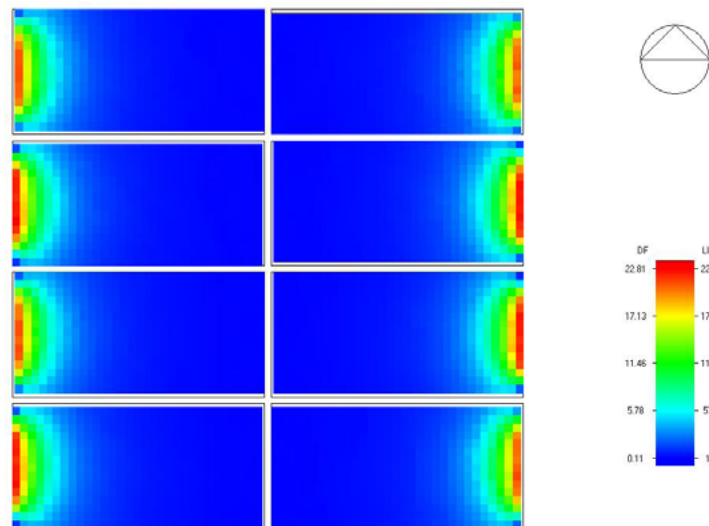
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	15.23	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	13.78	0.00	0.00	0.00	15.23	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 2.



SIMULACIONES LUMÍNICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: cuadrada

Altura: 1 pisos

Tipología: continua

CUADRADA_CONTINUA_1PISO

Block	Zone	Floor Area (m2)	Floor Area abo	Floor Area abo	Reference Illun	Average Daylig	Minimum Daylig	Maximum Dayl	Uniformity ratic	Uniformity ratic	Min Illuminance	Max Illuminanc	Adequately lit
Zone 5	Block 3	19.343	5.927	29.46	55.915	2.61	0.13	22.54	0.05	0.01	13.29	2256.36	19.34
Zone 6	Block 3	19.343	5.667	28.17	55.847	2.41	0.13	21.18	0.05	0.01	13.2	2117.35	19.34
Zone 7	Block 3	19.343	5.84	29.03	55.886	2.61	0.15	22.84	0.06	0.01	14.62	2284.74	19.34
Zone 8	Block 3	19.343	5.624	27.96	55.89	2.41	0.11	21.08	0.05	0.01	11.09	2108.63	19.34
Zone 2	Block 3	19.343	5.581	27.74	55.899	2.41	0.13	21.27	0.05	0.01	12.59	2128.51	19.34
Zone 3	Block 3	19.343	5.97	29.68	55.903	2.6	0.11	22.4	0.04	0	10.87	2241.72	19.34
Zone 4	Block 3	19.343	6.013	29.89	55.957	2.62	0.12	22.56	0.05	0.01	12.48	2259.78	19.34
Zone 1	Block 3	19.343	5.494	27.31	55.911	2.4	0.12	20.93	0.05	0.01	11.79	2094.49	19.34
Total		154.747	44.344	28.66		2.51	0.11	22.84			10.87	2284.74	

ANEXO 2.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

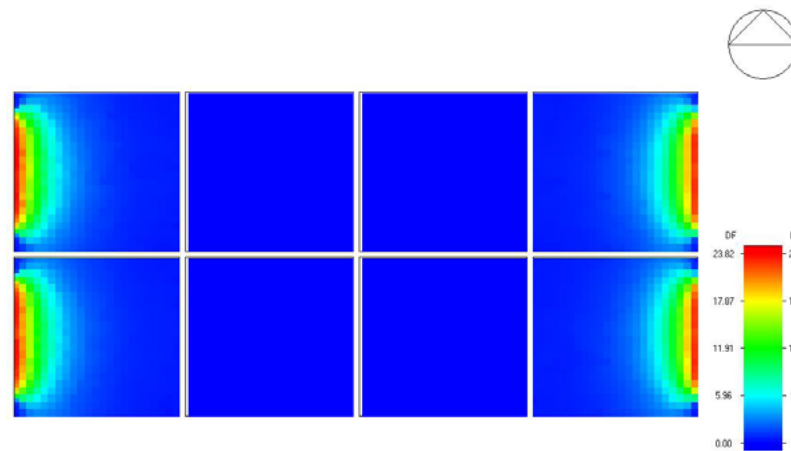
SIMULACIONES LUMÍNICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: rectangular

Altura: 1 pisos

Tipología: continua



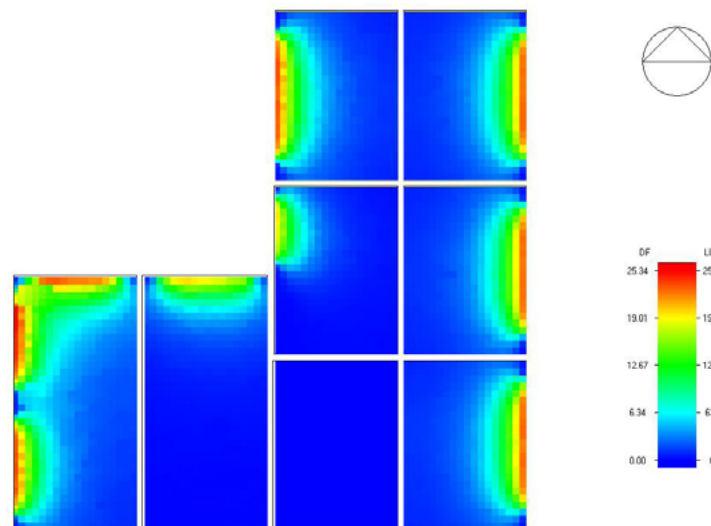
RECTANGULAR_CONTINUA_1PISO

Block	Zone	Floor Area (m2)	Floor Area abo	Floor Area abo	Reference Illun	Average Daylight Factor (%)	Minimum Dayli	Maximum Dayl	Uniformity ratio	Uniformity ratio	Min Illuminance	Max Illuminanc	Adequately lit
Zone 1	Block 1	19.573	8.472	42.79	55.894	3.78	0.43	22.85	0.11	0.02	42.58	2286.29	19.57
Zone 2	Block 1	19.573	8.513	43	55.908	3.78	0.45	22.85	0.12	0.02	44.57	2286.57	19.57
Zone 3	Block 1	19.921	0	0	55.917	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone 4	Block 1	19.921	0	0	55.987	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone 5	Block 1	19.921	0	0	55.987	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone 6	Block 1	19.921	0	0	55.975	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone 7	Block 1	19.573	8.298	41.91	55.975	3.71	0.42	23.83	0.11	0.02	41.6	2387.19	19.57
Zone 8	Block 1	19.573	8.257	41.71	55.964	3.71	0.38	23.57	0.1	0.02	37.94	2361.12	19.57
Total		157.976	33.158	20.99		1.86	0	23.83			0	2387.19	

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 2.



SIMULACIONES LUMÍNICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: quebrada

Altura: 1 pisos

Tipología: continua

QUEBRADA-CONTINUA_1PISO

Block	Zone	Floor Area (m2)	Floor Area abo	Floor Area abo	Reference Illum	Average Dayligh	Minimum Dayligh	Maximum Dayl	Uniformity ratio	Uniformity ratio	Min Illuminance	Max Illuminanc	Adequately lit
Zone 1	Block 1	16,988	9,653	56.19	55,946	4.84	0.54	22.62	0.11	0.02	54.22	2265.11	16.99
Zone 2	Block 1	16,988	9,776	56.9	55,933	4.84	0.55	22.82	0.11	0.02	55.24	2284.58	16.99
Zone 3	Block 1	17,182	3,776	21.49	55,911	1.91	0.06	20.58	0.03	0	6.39	2059.25	0
Zone 4	Block 1	17,376	0	0	55,962	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone 5	Block 1	16,988	9,817	57.14	55,921	4.85	0.53	23.06	0.11	0.02	52.61	2308.09	16.99
Zone 6	Block 1	16,988	9,561	55.65	55,972	4.65	0.48	23.34	0.1	0.02	47.66	2338.62	16.99
Zone 7	Block 1	26,063	6,194	22.98	55,892	1.94	0.08	19.65	0.04	0	7.77	1966.03	0
Zone 8	Block 1	25,483	20.84	80.87	55,994	6.68	0.77	24.96	0.11	0.03	76.93	2501.56	25.48
Total		154,057	68,665	44.57		3.76	0	24.96			0	2501.56	

ANEXO 2.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

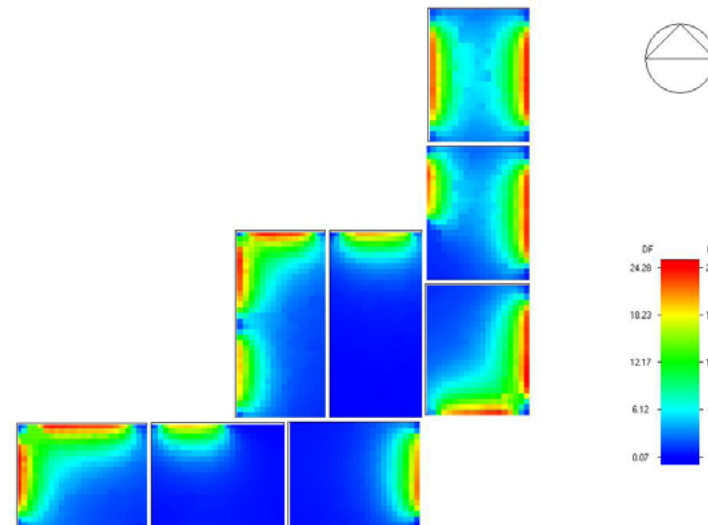
SIMULACIONES LUMÍNICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: doble quebrada

Altura: 1 pisos

Tipología: continua



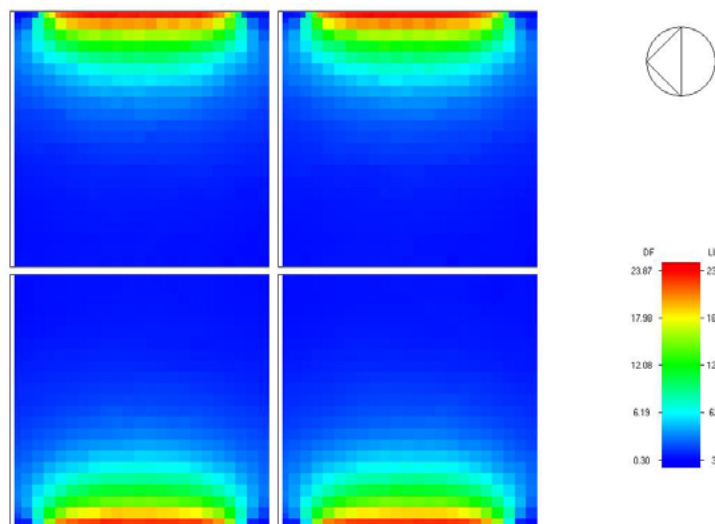
DOBLE-QUEVRADA_CONTINUA_1PISO

Block	Zone	Floor Area (m2)	Floor Area abo	Floor Area abo	Reference Illun	Average Daylig	Minimum Dayli	Maximum Dayl	Uniformity ratic	Uniformity ratic	Min Illuminanc	Max Illuminanc	Adequately lit
Zone 1	Block 1	17,811	18,146	98,84	55,952	8,75	1,35	23,59	0,15	0,06	135,24	2362,23	17,81
Zone 3	Block 1	17,966	15,688	86,32	56,007	6,84	0,76	23,15	0,11	0,03	75,92	2321,31	17,97
Zone 6	Block 1	22,578	5,402	23,43	55,973	2,01	0,08	20,32	0,04	0	8,33	2035,94	22,58
Zone 5	Block 1	22,038	18,331	80,92	55,919	6,61	1,09	23,93	0,16	0,05	108,99	2395,3	22,04
Zone 2	Block 1	17,898	15,698	85,22	55,966	7,72	0,95	24,12	0,12	0,04	95,08	2416,49	17,9
Zone 7	Block 1	18,278	7,122	38,07	55,94	3,28	0,3	21,76	0,09	0,01	30,33	2178,89	18,28
Zone 8	Block 1	18,353	4,774	25,17	55,903	2,17	0,1	19,67	0,05	0,01	9,86	1968,63	18,35
Zone 4	Block 1	17,898	15,655	84,99	55,908	7,37	1,06	24,15	0,14	0,04	106,32	2416,79	17,9
Total		152,82	98,279	64,31		5,49	0,08	24,15			8,33	2416,79	

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 2.



SIMULACIONES LUMÍNICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: cuadrada

Altura: 2 pisos

Tipología: continua

CUADRADA ADOSADO CONTINUA

Block	Zone	Floor Area (m2)	Floor Area above	Floor Area above	Reference Illumin	Average Daylight	Minimum Daylight	Maximum Daylight	Uniformity ratio (	Uniformity ratio (	Min Illuminance	Max Illuminance	Adequately lit
Zone 4	Block 1	20,655	9,125	43,31	56,025	3,78	0,4	23,79	0,11	0,02	40,52	2385,76	20,66
Zone 3	Block 1	20,655	9,083	43,11	55,836	3,85	0,48	22,92	0,12	0,02	48,04	2291	20,66
Zone 2	Block 1	20,655	8,885	42,17	55,953	3,8	0,53	23,74	0,14	0,02	53,21	2378,05	20,66
Zone 1	Block 1	20,655	9,031	42,86	55,913	3,84	0,44	22,75	0,11	0,02	43,89	2277,11	20,66
Zone 4	Block 1 1	20,655	9,832	46,67	56,028	3,71	0,38	20,6	0,1	0,02	38,42	2065,69	20,66
Zone 3	Block 1 1	20,655	9,874	46,86	55,971	3,8	0,39	18,34	0,1	0,02	39,41	1837,65	20,66
Zone 2	Block 1 1	20,655	9,978	47,36	55,9	3,7	0,52	20,79	0,14	0,02	51,59	2080,23	20,66
Zone 1	Block 1 1	20,655	9,988	47,41	55,921	3,81	0,4	19	0,11	0,02	40,22	1902,19	20,66
Total		165,243	74,309	44,97		3,79	0,38	23,79			38,42	2385,76	

ANEXO 2.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

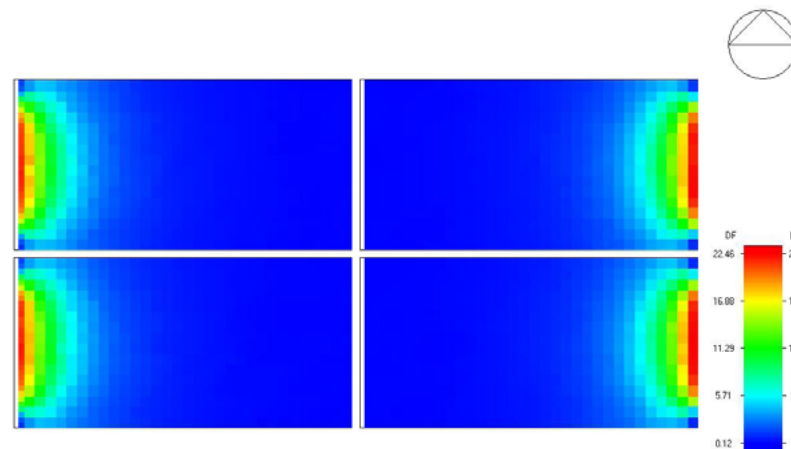
SIMULACIONES LUMÍNICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: rectangular

Altura: 2 pisos

Tipología: continua



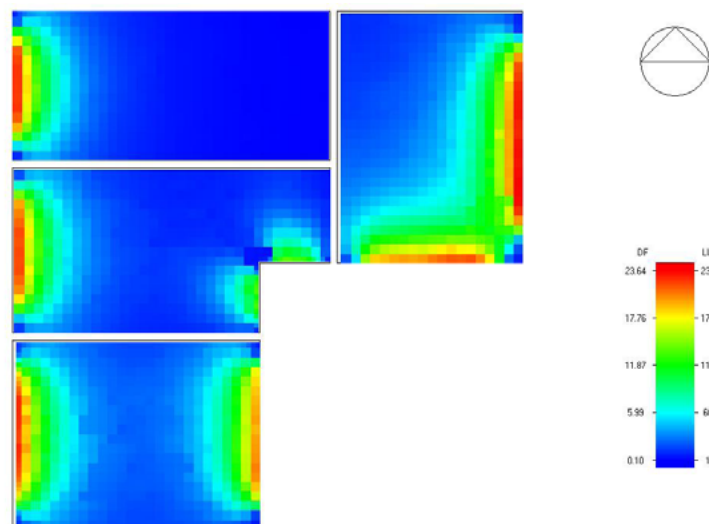
RECTANGULAR ADOSADO CONT LADO LARGO

Block	Zone	Floor Area (m2)	Floor Area above	Floor Area above	Reference Illumin	Average Daylight	Minimum Daylight	Maximum Daylight	Uniformity ratio (	Uniformity ratio (	Min Illuminance	Max Illuminance	Adequately lit
Zone 4	Block 3	20,48	5,779	27,78	55,944	2,37	0,1	22,24	0,04	0	10,16	2226,77	20,48
Zone 3	Block 3	20,48	5,521	26,54	55,973	2,13	0,11	21,79	0,05	0,01	11,18	2183,08	20,48
Zone 2	Block 3	20,48	5,697	27,38	55,93	2,36	0,11	22,81	0,05	0	10,84	2283,36	20,48
Zone 1	Block 3	20,48	5,573	26,79	55,957	2,15	0,11	21,57	0,05	0	10,59	2160,68	20,48
Zone 4	Block 3 1	20,48	6,151	29,56	56,043	2,25	0,1	16,99	0,05	0,01	10,36	1704,08	20,48
Zone 3	Block 3 1	20,48	5,996	28,82	55,931	2,17	0,11	17,07	0,05	0,01	11,4	1709,19	20,48
Zone 2	Block 3 1	20,48	6,233	29,96	55,916	2,25	0,12	17,15	0,06	0,01	12,41	1716,11	20,48
Zone 1	Block 3 1	20,48	5,903	28,37	55,967	2,17	0,1	17,29	0,05	0,01	10,01	1732,48	20,48
Total		163,838	46,12	28,15		2,23	0,1	22,81			10,01	2283,36	

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 2.



SIMULACIONES LUMÍNICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: quebrada

Altura: 2 pisos

Tipología: continua

QUEBRADA ADOSADO CONT

Block	Zone	Floor Area (m2)	Floor Area above	Floor Area above	Reference Illumin	Average Daylight	Minimum Daylight	Maximum Daylight	Uniformity ratio (	Uniformity ratio (	Min Illuminance	Max Illuminance	Adequately lit
Zone 3	Block 1	20.3	13.607	66.37	55.883	4.92	0.62	22.2	0.13	0.03	62.1	2220.85	20.3
Zone 1	Block 1	20.411	18.492	88.29	55.907	5.55	0.71	22.53	0.13	0.03	70.84	2254.64	20.41
Zone 4	Block 1	21.119	2.878	13.25	55.937	1.05	0.03	13.8	0.03	0	3.37	1382.25	0
Zone 2	Block 1	20.293	16.495	79.15	55.899	6.49	0.78	22.2	0.12	0.04	78.13	2221.62	20.29
Zone 3	Block 2	20.268	15.222	74.48	55.933	4.81	0.56	18.11	0.12	0.03	56.02	1812.84	20.27
Zone 1	Block 2	20.466	20.508	97.39	55.889	5.7	0.69	18.5	0.12	0.04	69.29	1851.24	20.47
Zone 4	Block 2	21.098	3.707	17.1	55.939	1.16	0.05	10.75	0.04	0	4.72	1076.43	0
Zone 2	Block 2	20.293	17.507	84.01	55.896	6.74	0.7	20.29	0.1	0.03	70.21	2029.76	20.29
Total		164.248	106.034	64.56		4.52	0.03	22.53			3.37	2254.64	

ANEXO 2.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

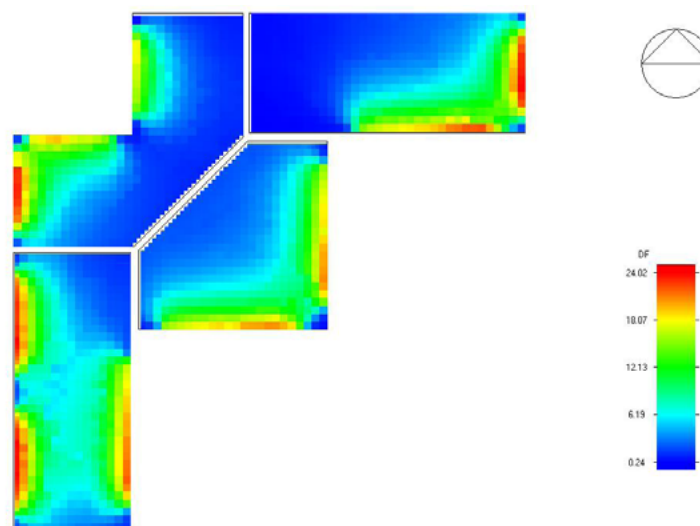
SIMULACIONES LUMÍNICAS

DATOS DEL MODELO

Forma: doble quebrada

Altura: 2 pisos

Tipología: continua



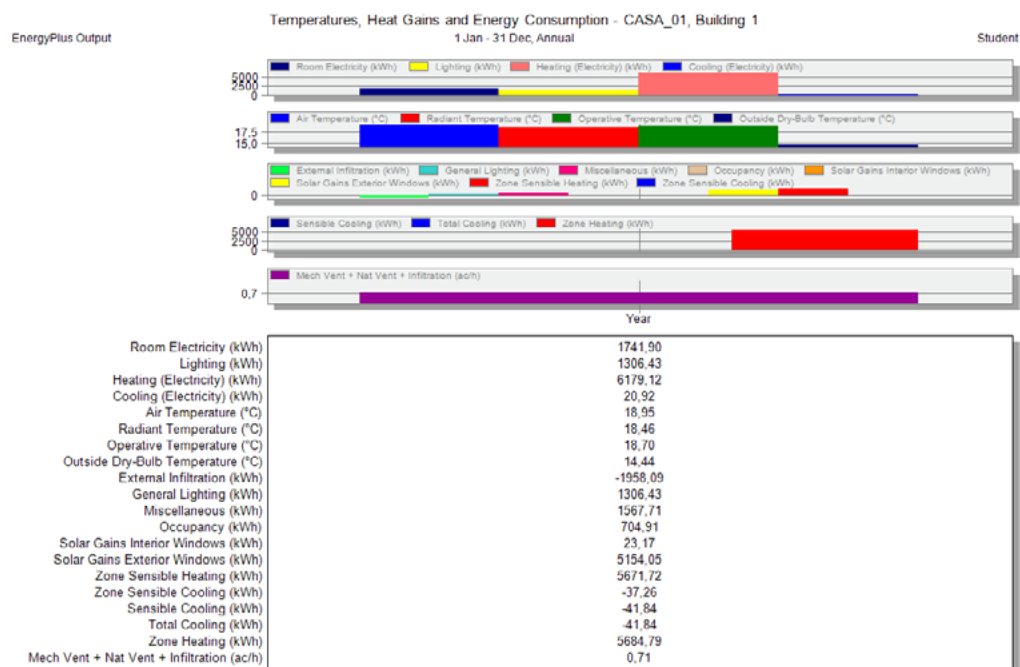
DOBLE QUEBRADA ADOSADO CONT

Block	Zone	Floor Area (m2)	Floor Area above	Floor Area above	Reference Illumin	Average Daylight	Minimum Daylight	Maximum Daylight	Uniformity ratio (	Uniformity ratio (	Min Illuminance	Max Illuminance	Adequately lit
Zone 4	Block 1	22.879	13.33	56.91	55.974	4.84	0.49	22.97	0.1	0.02	49.58	2301.26	22.88
Zone 1	Block 1	20.129	19.109	93	55.986	8.14	1.05	23.44	0.13	0.04	105.68	2349.29	20.13
Zone 2	Block 1	20.435	12.858	61.89	55.939	5.44	0.21	23.53	0.04	0.01	21.18	2356.46	20.43
Zone 3	Block 1	18.297	18.648	98.82	55.845	7.01	0.6	21.02	0.08	0.03	59.59	2101.06	18.3
Zone 4	Block 2	22.879	14.545	62.1	55.926	5.11	0.53	19.62	0.1	0.03	52.9	1963.83	22.88
Zone 1	Block 2	20.129	19.255	93.71	55.846	8.43	0.79	21.29	0.09	0.04	79.14	2128.36	20.13
Zone 2	Block 2	20.435	13.23	63.68	55.93	5.68	0.2	20.99	0.04	0.01	20.32	2101.19	20.43
Zone 3	Block 2	18.297	18.308	97.01	55.907	7.72	0.56	19.69	0.07	0.03	55.72	1970.8	18.3
Total		163.48	126.305	77.26		6.47	0.2	23.53			20.32	2356.46	

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 3.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO

DATOS DE MUESTRA

Vivienda 01 estado actual

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	8.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.27	36.03	0.00
Other	11.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	19.32	0.00	0.00	0.27	36.03	0.00



ANEXO 3.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

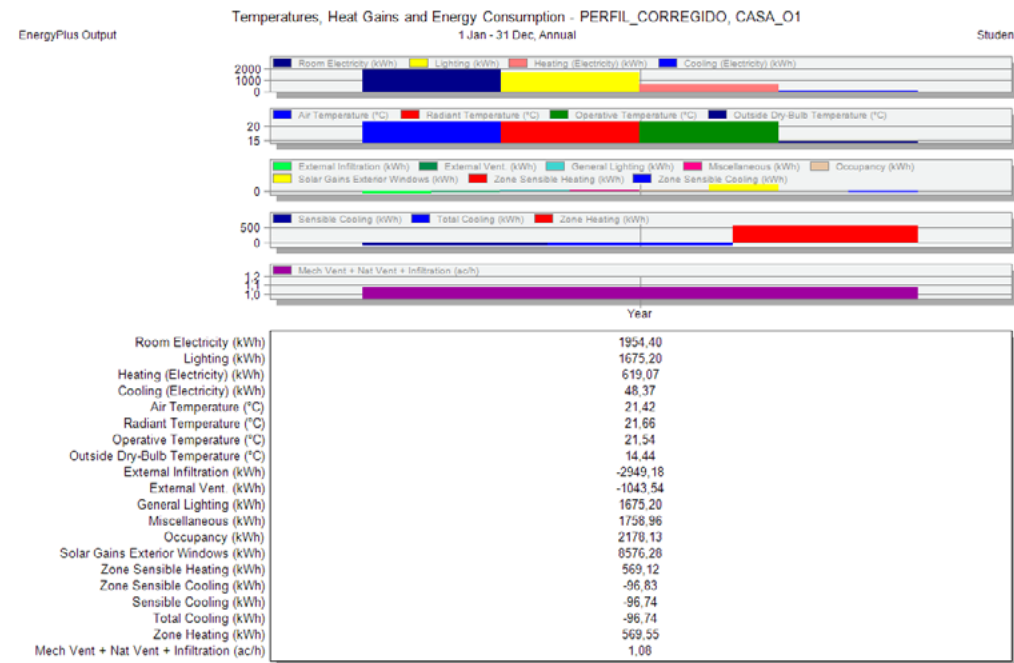
Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO

DATOS DE MUESTRA

Viivienda 01 propuesta



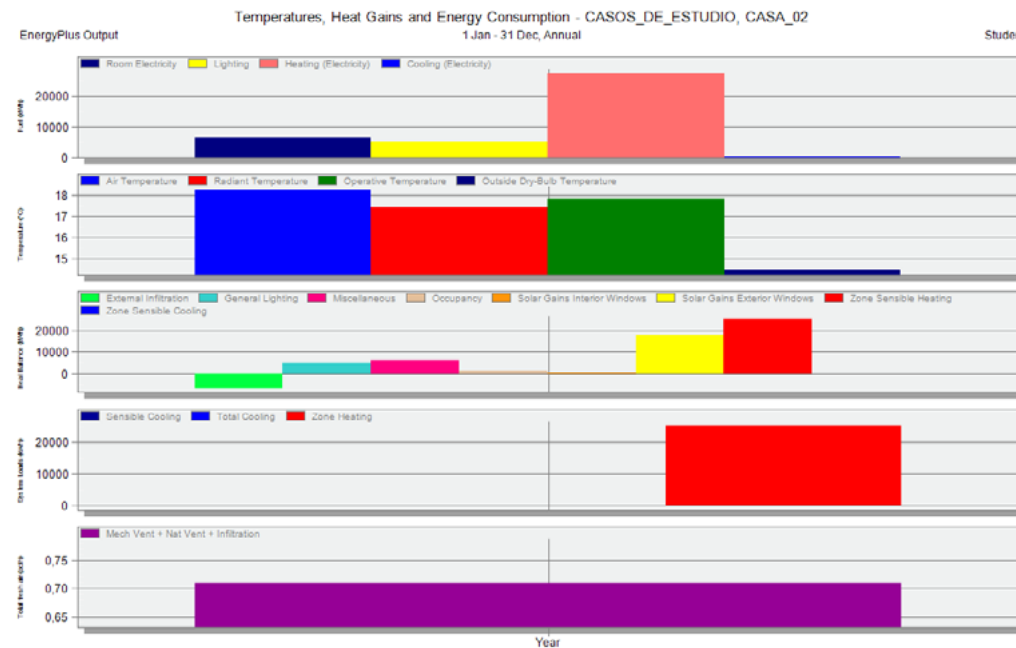
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.80	4.69	0.00
Other	16.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	29.86	0.00	0.00	0.80	4.69	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 3.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO

DATOS DE MUESTRA
Vivienda 02 estado actual

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m²]	Natural Gas Intensity [kWh/m²]	Additional Fuel Intensity [kWh/m²]	District Cooling Intensity [kWh/m²]	District Heating Intensity [kWh/m²]	Water Intensity [m³/m²]
Lighting	10.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.13	55.60	0.00
Other	14.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	25.29	0.00	0.00	0.13	55.60	0.00

ANEXO 3.

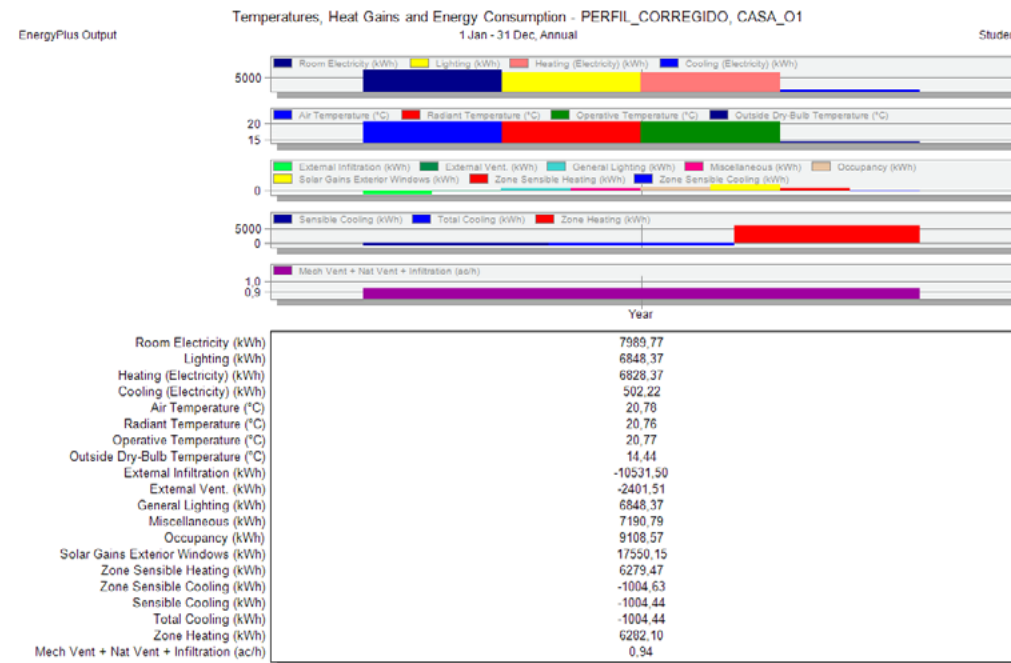
RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO

DATOS DE MUESTRA

Viivienda 02 propuesta



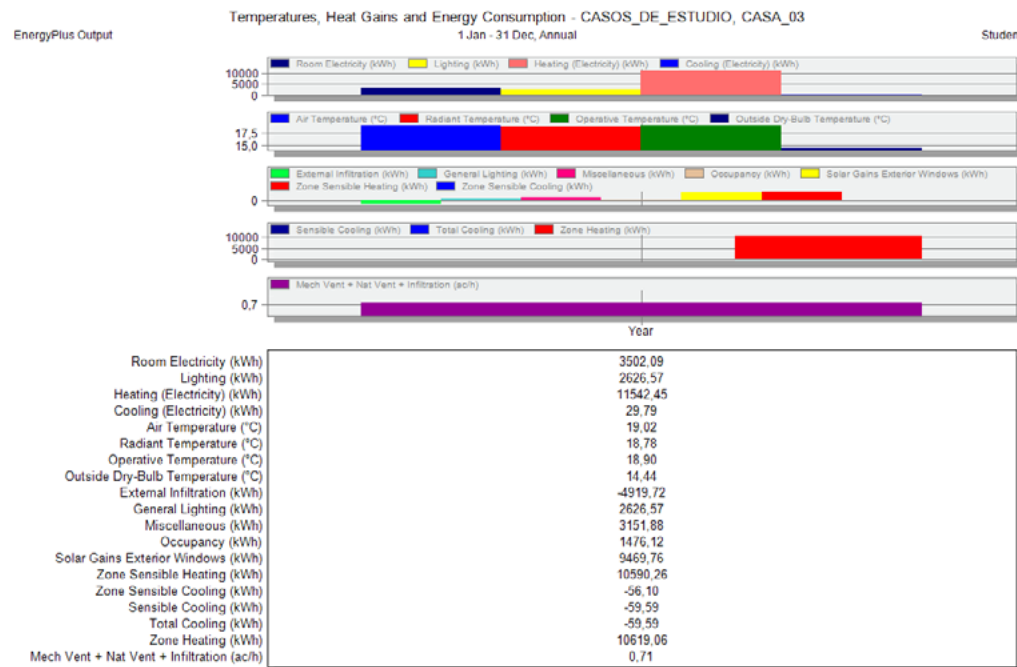
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	2.02	12.64	0.00
Other	16.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	29.86	0.00	0.00	2.02	12.64	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 3.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO

DATOS DE MUESTRA

Vivienda 03 estado actual

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	10.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.25	43.83	0.00
Other	14.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	25.29	0.00	0.00	0.25	43.83	0.00

ANEXO 3.

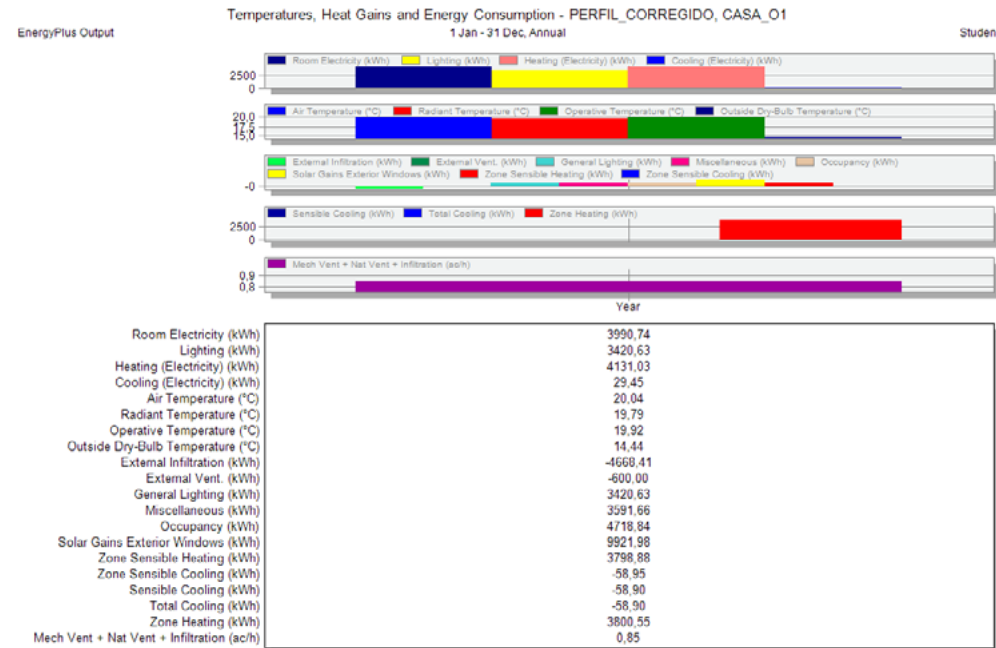
RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO

DATOS DE MUESTRA

Viivienda 03 propuesta



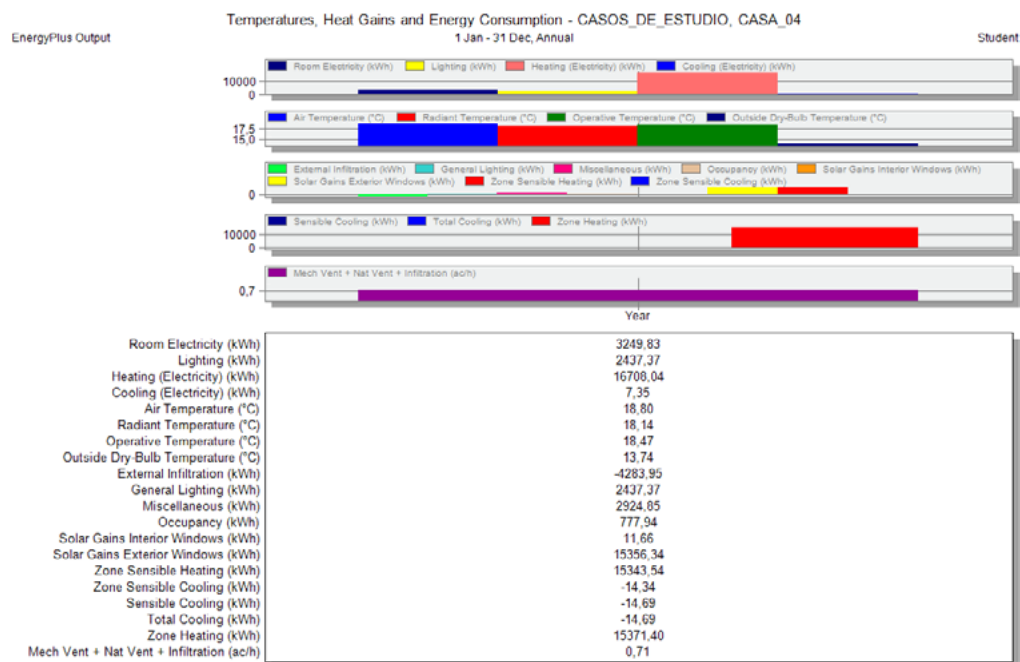
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m ²]	Natural Gas Intensity [kWh/m ²]	Additional Fuel Intensity [kWh/m ²]	District Cooling Intensity [kWh/m ²]	District Heating Intensity [kWh/m ²]	Water Intensity [m ³ /m ²]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.24	15.31	0.00
Other	16.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	29.86	0.00	0.00	0.24	15.31	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 3.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO

DATOS DE MUESTRA
Vivienda 04 estado actual

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	10.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.07	68.37	0.00
Other	14.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	25.29	0.00	0.00	0.07	68.37	0.00

ANEXO 3.

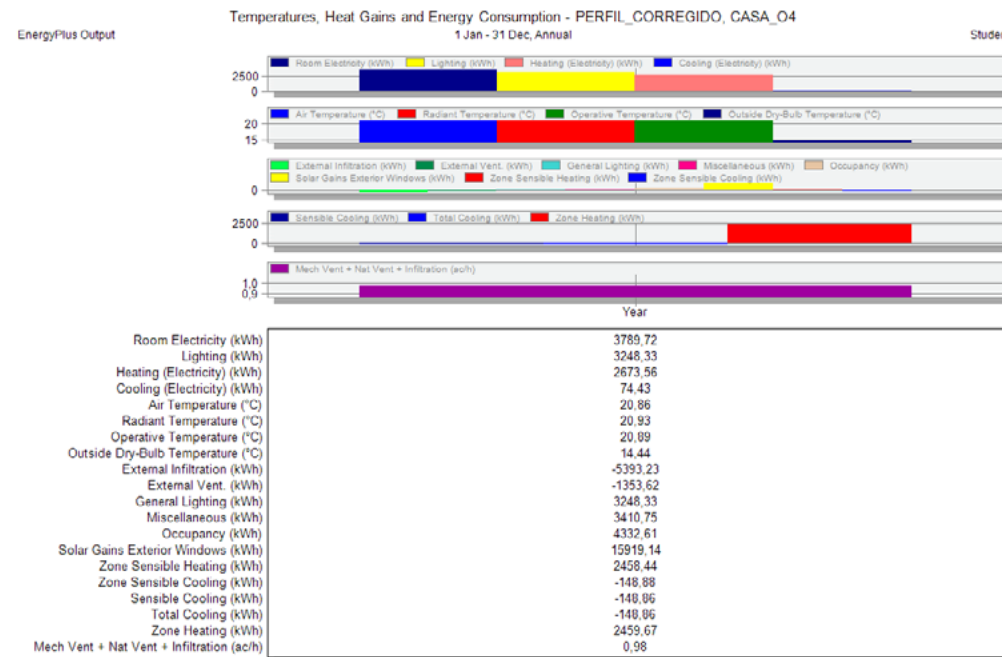
RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO

DATOS DE MUESTRA

Viivienda 04 propuesta



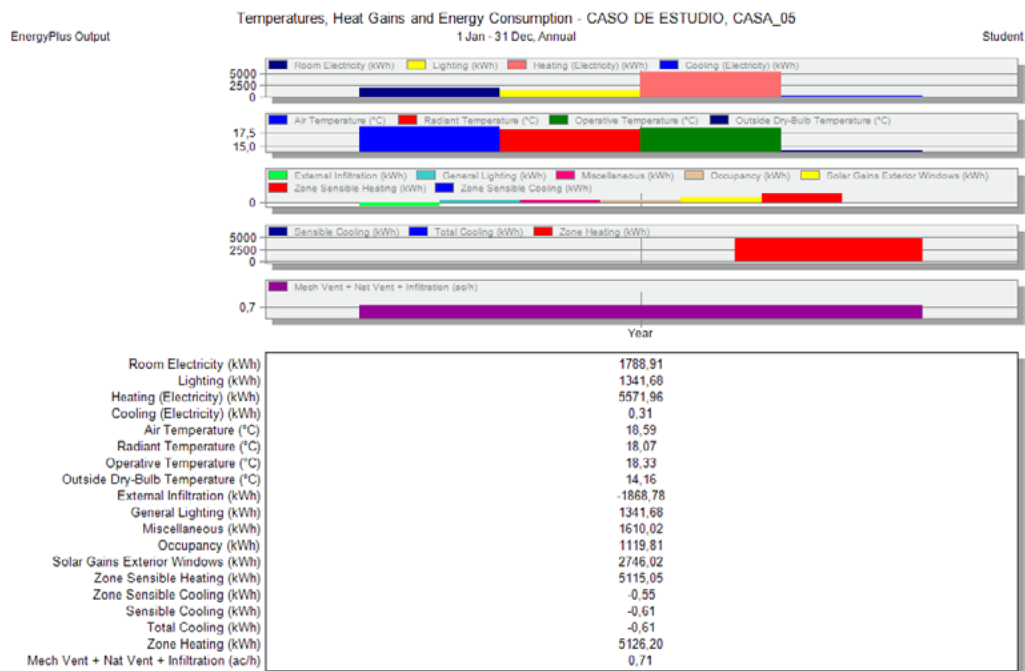
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.63	10.43	0.00
Other	16.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	29.86	0.00	0.00	0.63	10.43	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 3.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO

DATOS DE MUESTRA

Vivienda 05 estado actual

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	10.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	41.42	0.00
Other	14.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	25.29	0.00	0.00	0.00	41.42	0.00

ANEXO 3.

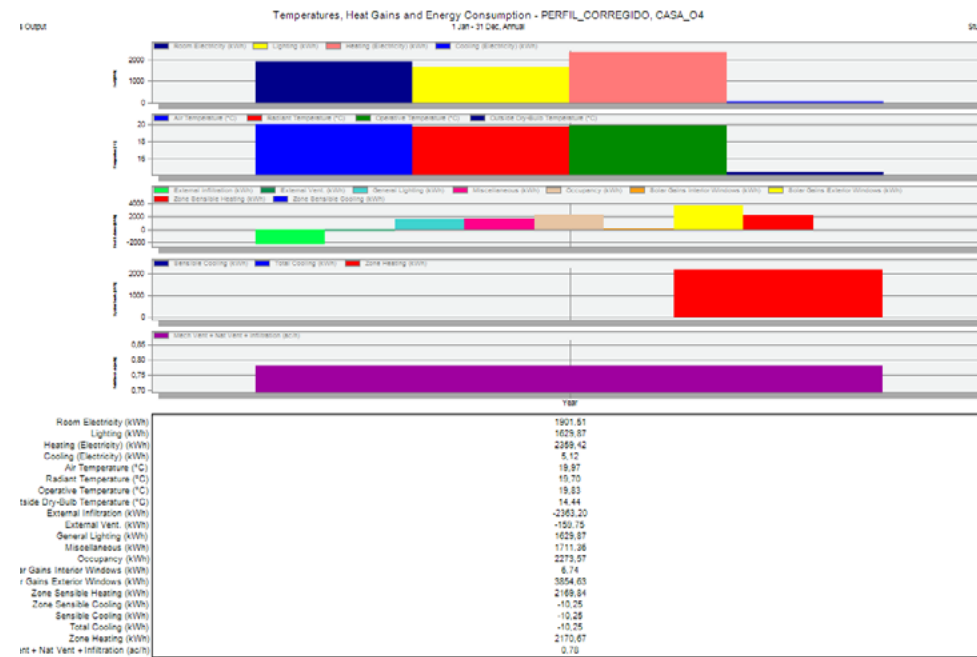
RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO

DATOS DE MUESTRA

Viivienda 05 propuesta



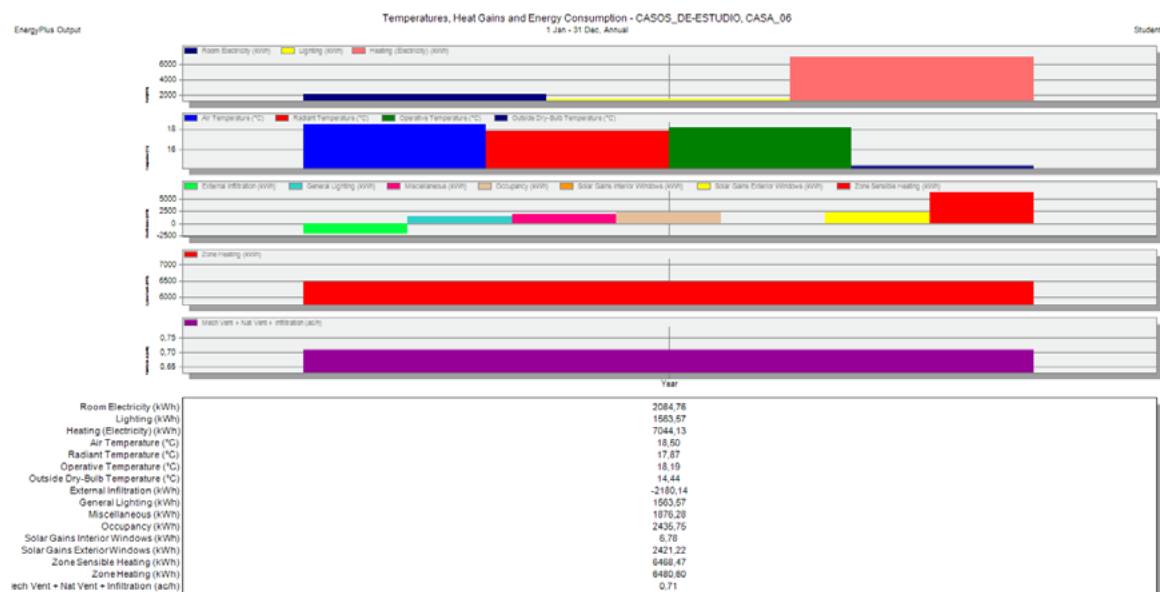
Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.09	18.35	0.00
Other	16.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	29.86	0.00	0.00	0.09	18.35	0.00

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

ANEXO 3.



SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO

DATOS DE MUESTRA

Vivienda 06 estado actual

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	10.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.00	44.93	0.00
Other	14.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	25.29	0.00	0.00	0.00	44.93	0.00

ANEXO 3.

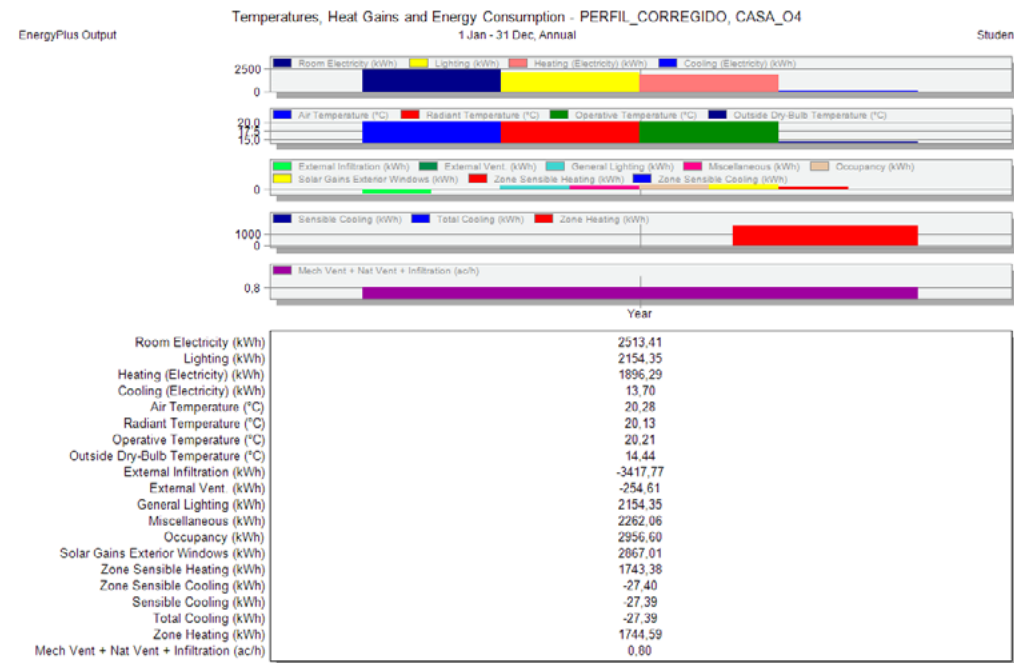
RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Tesis: Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana de Cuenca.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS Y TÉRMICAS DE LAS MUESTRAS DE ESTUDIO

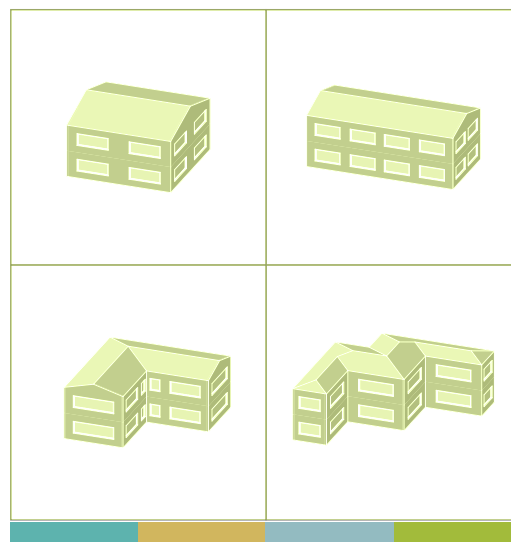
DATOS DE MUESTRA

Viivienda o6 propuesta



Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	0.18	11.16	0.00
Other	16.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	29.86	0.00	0.00	0.18	11.16	0.00



EFICIENCIA ENERGÉTICA-VIVIENDA UNIFAMILIAR-CONFORT AMBIENTAL-SIMULACIÓN ENERGÉTICA-FACTOR FORMA-EFICIENCIA ENERGÉTICA-VIVIENDA UNIFAMILIAR'EFICIENCIA EN